



IPM G1シリーズ

活用の手引き

APPLICATION NOTE



目次

1. 製品ラインアップ	.....	3
2. 内部接続図	.....	4
3. IPM の交流モータ制御への応用	.....	5
4. 用語説明	.....	6
5. 形名の付け方(銘板記載情報)	.....	7
6. 構造	.....	8
7. パワーモジュールを正しく安全に使用するために	.....	12
8. パワー素子の実装配置	.....	15
8-1. コンデンサの実装配置	.....	15
8-2. 取り付け上の注意事項	.....	15
8-3. 熱伝導性グリースの塗布方法	.....	16
8-4. IPM の回路の接続	.....	17
8-5. IPM の端子	.....	18
9. IPM の使い方	.....	19
9-1. IPM の端子記号の説明	.....	19
9-2. IPM の機能	.....	21
9-3. IPM の安全動作領域	.....	22
9-4. IPM の Fo 信号	.....	23
9-5. IPM のインターフェイス回路	.....	27
9-6. IPM の制御電源電圧	.....	28
9-7. IPM G1 シリーズのモータ駆動用途への応用	.....	29
9-8. IPM の制御側インターフェイス回路	.....	30
9-9. IPM 使用上のその他の注意事項	.....	31
9-10. IPM の制御電源設計	.....	32
9-11. Fo 回路	.....	33
10. パワー損失と接合部温度	.....	34
11. 本資料ご使用に際しての留意事項	.....	35

1. 製品ラインアップ

A パッケージ

電圧定格	回路	電流定格	主端子仕様			
			ストレート配列		L型配列	
			ピンタイプ	ネジタイプ	ピンタイプ	ネジタイプ
650V	6in1	50A	PM50CG1AP065	PM50CG1A065	PM50CG1APL065	PM50CG1AL065
		75A	PM75CG1AP065	PM75CG1A065	PM75CG1APL065	PM75CG1AL065
		100A	PM100CG1AP065	PM100CG1A065	PM100CG1APL065	PM100CG1AL065
	7in1	50A	PM50RG1AP065	PM50RG1A065	-	-
		75A	PM75RG1AP065	PM75RG1A065	-	-
1200V	6in1	25A	PM25CG1AP120	PM25CG1A120	PM25CG1APL120	PM25CG1AL120
		35A	PM35CG1AP120	PM35CG1A120	PM35CG1APL120	PM35CG1AL120
		50A	PM50CG1AP120	PM50CG1A120	PM50CG1APL120	PM50CG1AL120
	7in1	25A	PM25RG1AP120	PM25RG1A120	-	-
		35A	PM35RG1AP120	PM35RG1A120	-	-

B パッケージ、C パッケージ

電圧定格	回路	電流定格	主端子仕様	
			ネジタイプ	
			B-package	C-package
650V	6in1	50A	PM50CG1B065	-
		75A	PM75CG1B065	-
		100A	PM100CG1B065	-
		150A	PM150CG1B065	-
		200A	PM200CG1B065	PM200CG1C065
		300A	-	PM300CG1C065
		450A	-	PM450CG1C065
	7in1	50A	PM50RG1B065	-
		75A	PM75RG1B065	-
		100A	PM100RG1B065	-
		150A	PM150RG1B065	-
		200A	PM200RG1B065	PM200RG1C065
		300A	-	PM300RG1C065
		450A	-	PM450RG1C065
1200V	6in1	25A	PM25CG1B120	-
		35A	PM35CG1B120	-
		50A	PM50CG1B120	-
		75A	PM75CG1B120	-
		100A	PM100CG1B120	PM100CG1C120
		150A	-	PM150CG1C120
		200A	-	PM200CG1C120
	7in1	25A	PM25RG1B120	-
		35A	PM35RG1B120	-
		50A	PM50RG1B120	-
		75A	PM75RG1B120	-
		100A	PM100RG1B120	PM100RG1C120
		150A	-	PM150RG1C120
		200A	-	PM200RG1C120

Aパッケージ主端子配列について

CG1A / CG1AP

:主端子ストレート配列

CG1AL / CG1APL

:主端子L型配列

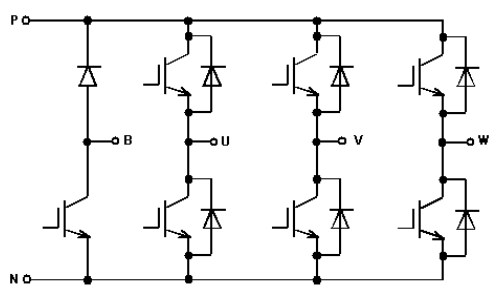


主端子ストレート配列 (例 ネジタイプ)

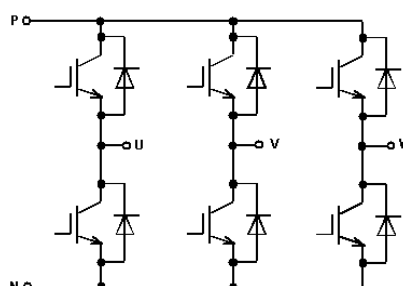


主端子L型配列 (例 ネジタイプ)

2. 内部接続図

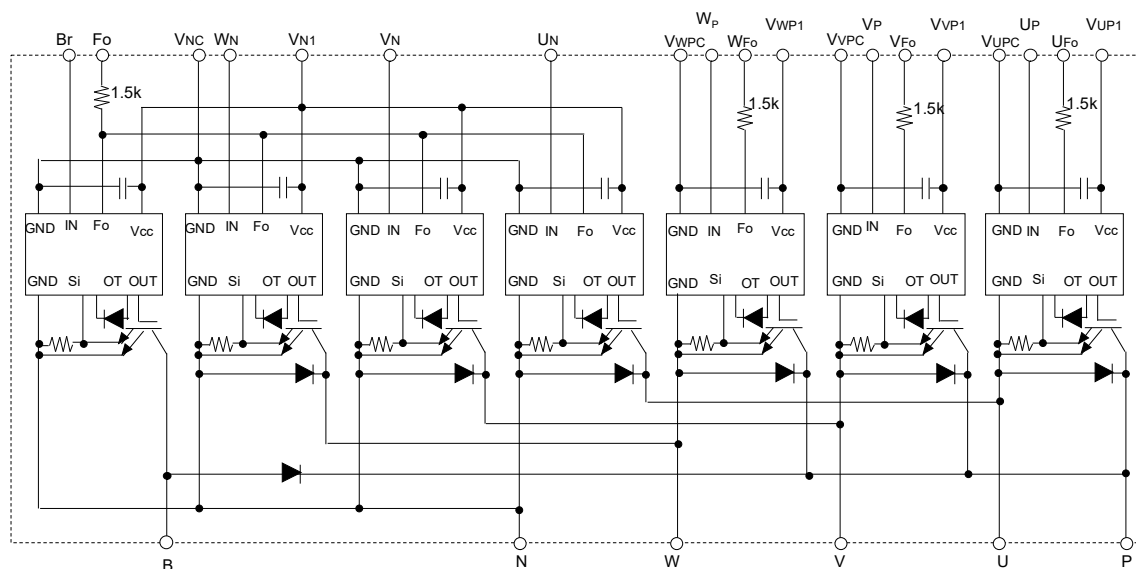


7in1 (インバータ + ブレーキ)



6in1 (インバータ)

例) 7in1 (インバータ+ ブレーキ)



3. IPMの交流モータ制御応用（参考例）

■AC220V系

適応 モータ定格 (kW)	インバータ用モジュール
	G1シリーズ
3.7	PM50RG1AP065、PM50RG1A065、PM50RG1B065 PM50CG1AP065、PM50CG1A065、PM50CG1APL065、PM50CG1AL065、PM50CG1B065
5.5/7.5	PM75RG1AP065、PM75RG1A065、PM75RG1B065 PM75CG1AP065、PM75CG1A065、PM75CG1APL065、PM75CG1AL065、PM75CG1B065
11.0	PM100CG1AP065、PM100CG1A065、PM100CG1APL065、PM100CG1AL065、 PM100CG1B065、PM100RG1B065
15.0/18.5	PM150RG1B065、PM150CG1B065
22.0	PM200RG1B065、PM200RG1C065、PM200CG1B065、PM200CG1C065
30.0	PM300RG1C065、PM450RG1C065、PM300CG1C065、PM450CG1C065

■AC440V系

適応 モータ定格 (kW)	インバータ用モジュール
	G1シリーズ
5.5	PM25RG1AP120、PM25RG1A120、PM25RG1B120 PM25CG1AP120、PM25CG1A120、PM25CG1APL120、PM25CG1AL120、PM25CG1B120
7.5	PM50RG1AP120、PM50RG1A120、PM50RG1B120 PM50CG1AP120、PM50CG1A120、PM50CG1APL120、PM50CG1AL120、PM50CG1B120
11.0/15.0	PM75RG1B120、PM75CG1B120
18.5/22.0	PM100RG1C120、PM100CG1B120、PM100CG1C120
30.0	PM150RG1C120、PM200RG1C120、PM150CG1C120、PM200CG1C120

* モータ定格 5.5～7.5kW は、使用条件によっては、35A/1200V（例 PM35CG1A120）が適応します。

IPMのNCサーボモータ駆動応用

■AC220V系

適応 モータ定格 (kW)	インバータ用モジュール
	G1シリーズ
~1.5	PM50CG1AP065、PM50CG1A065、PM50CG1APL065、PM50CG1AL065、PM50CG1B065
~2.0	PM75CG1AP065、PM75CG1A065、PM75CG1APL065、PM75CG1AL065、PM75CG1B065
~3.5	PM100CG1AP065、PM100CG1A065、PM100CG1APL065、PM100CG1AL065、 PM100CG1B065
~6.0	PM150CG1B065
~7.5	PM200CG1B065、PM200CG1C065
~15	PM300CG1B065、PM300CG1C065、PM450CG1C065

■AC440V系

適応 モータ定格 (kW)	インバータ用モジュール
	G1シリーズ
~1.5	PM25CG1AP120、PM25CG1A120、PM25CG1APL120、PM25CG1AL120、PM25CG1B120
~3.0	PM50CG1AP120、PM50CG1A120、PM50CG1APL120、PM50CG1AL120、PM50CG1B120
~5.0	PM75CG1B120
~6.0	PM100CG1B120、PM100CG1C120
~7.5	PM150CG1C120、PM200CG1C120

* モータ定格 1.5～3.0kW は、使用条件によっては、35A/1200V（例 PM35CG1A120）が適応します。

上記は参考例です。用途を限定するものではありません。

ご使用の際には、動作条件に合わせて十分な検証を行ってください。

4. 用語説明

一般1

項目	項目	説明
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	絶縁ゲートバイポーラトランジスタ
FWD	Free Wheeling Diode	フリーホイール(フライホイール)ダイオード
IPM	Intelligent Power Module	インテリジェントパワーモジュール
t _{dead}	デッドタイム	上下アームトランジスタ間のオン信号に設ける休止時間
IPM Motor	Interior Permanent Magnet Motor	磁石埋込み形モータ
CMR	Common Mode Noise Reduction	フォトカブラの入出力間コモンモード電圧の最大上昇率
CM _H		既定のハイレベルを維持できる、入出力間コモンモード電圧の最大上昇率
CM _L		既定のローレベルを維持できる、入出力間コモンモード電圧の最大上昇率
CTR	変換効率	フォトカブラの入力LED電流に対する出力電流の比

一般2

記号	項目	説明
T _a	周囲温度	自冷または風冷で使用する場合、発熱体の影響を受けない点の空気温度
T _c	ケース温度	素子の外圍器(ベース板)上の定められた点の温度

最大定格

記号	項目	説明
V _{CEs}	コレクタ・エミッタ間電圧	定格接合部温度範囲内においてゲート・エミッタ間を短絡した状態において、コレクタ・エミッタ間に短時間印加し得る最大電圧
I _c	コレクタ電流	定格温度範囲内においてコレクタ・エミッタ間に連続して流すことのできる最大電流。
I _{cRM}	コレクタ電流(ピーク)	定格温度範囲内において、コレクタ・エミッタ間に短時間に流すことのできる最大電流。通常はI _c の2倍。
P _{tot}	コレクタ損失	規定のケース温度において、IGBTが最大限許容できる電力損失。T _c =25°C
T _{vj}	接合温度	チップが許容できる温度範囲
T _{stg}	保存温度	電力を印加しない状態で保存する場合の周囲温度範囲で、最高許容温度と最低許容温度
V _{isol}	絶縁耐力(絶縁耐電圧)	主端子を全て短絡した状態において、端子-ベース板間に印加し得る最大電圧
-	締付けトルク	端子ねじ、取付けねじの締付けトルク範囲

電気的特性

記号	項目	説明
I _{cES}	コレクタ遮断電流	ゲート・エミッタ間を短絡した状態において、コレクタ・エミッタ間に規定の電圧を印加したとき流れるコレクタ電流
V _{CEsat}	コレクタ・エミッタ間飽和電圧	規定の条件にて、規定のコレクタ電流を流したときのコレクタ・エミッタ間電圧
t _{c(on)}	スイッチング・ターンオン時間	ターンオン時において、コレクタ電流が最終値の10%まで上昇した時点からコレクタ・エミッタ間電圧がターンオン開始直前の10%まで下降した時点までの、コレクタ電流とコレクタ・エミッタ間電圧間の時間
t _{c(off)}	スイッチング・ターンオフ時間	ターンオフ時において、コレクタ・エミッタ間電圧が最終値の10%まで上昇した時点からコレクタ電流がターンオフ開始直前の10%まで下降した時点までの、コレクタ電流とコレクタ・エミッタ間電圧間の時間
E _{on}	スイッチング・ターンオン スイッチング損失	ターンオン時において、コレクタ電流が最終値の10%まで上昇した時点からコレクタ・エミッタ間電圧がターンオン開始直前の10%まで下降した時点までの、コレクタ電流とコレクタ・エミッタ間電圧の積の時間積分値
E _{off}	スイッチング・ターンオフ スイッチング損失	ターンオフ時において、コレクタ・エミッタ間電圧が最終値の10%まで上昇した時点からコレクタ電流がターンオフ開始直前の10%まで下降した時点までの、コレクタ電流とコレクタ・エミッタ間電圧の積の時間積分値
t _{rr}	逆回復時間	規定の条件において、内蔵フリーホイールダイオードの電流を順方向から逆方向に切り換えたとき、逆回復電流が流れる時間
V _{EC}	FWD順電圧降下	内蔵フリーホイールダイオードに規定の電流を流したときの電圧降下
R _{th}	熱抵抗	接合部の消費電力による熱流が平衡状態にあるとき、接合部の温度が外部の指定点よりも単位電力あたり何° C上昇するかを表す値
R _{th(j-c)}	熱抵抗(接合-ケース間)	接合部(チップ)から外圍器(ベース板)表面までの熱抵抗
R _{th(c-s)}	熱抵抗(ケース-ヒートシンク間)	外圍器(ベース板)表面から放熱器(ヒートシンクまたは放熱フィン)までの熱抵抗

5. 形名のつけ方(銘板記載情報)

銘板)

全パッケージ共通 (代表例:PM50R1GB065)

PM50RG1B065
MADE IN JAPAN (Lot No)G
mitsubishi electric

形名)

PM 50 R G1B 065 - 300G

規格番号 (銘板には印字されません。)

耐電圧クラス

065: 650V、120: 1200V

構造

G1: G1 シリーズ

G1A : A パッケージ、主端子 ネジタイプ (ストレート配列)

G1AL : A パッケージ、主端子 ネジタイプ (L 型配列)

G1AP : A パッケージ、主端子 ピンタイプ (ストレート配列)

G1APL : A パッケージ、主端子 ピンタイプ (L 型配列)

G1B : B パッケージ、主端子 ネジタイプ

G1C : C パッケージ、主端子 ネジタイプ

接続(回路)

R: 7 素子 (インバータ+ ブレーキ) C:6 素子 (インバータ)

コレクタ電流定格

50: Ic=50A、75: Ic=75A

モジュールタイプ PM: インテリジェントパワーモジュール(IPM)

ロットナンバー)

S 4 1 AH1

製造管理番号

製造月

1~9:1月~9月、O:10月、N:11月、D:12月

製造年

西暦末尾下1桁、例:5=2015年、0=2020年 など

UL ID コード

2次元コード)

【仕様】

項目	仕様
コード種別	Data Matrix (ECC200)
データ種別	英数字
誤り訂正能力	20~35%
シンボルサイズ	6.00 mm × 6.00 mm
コードサイズ	24セル × 24セル
セルサイズ	0.25 mm
データ容量	52桁

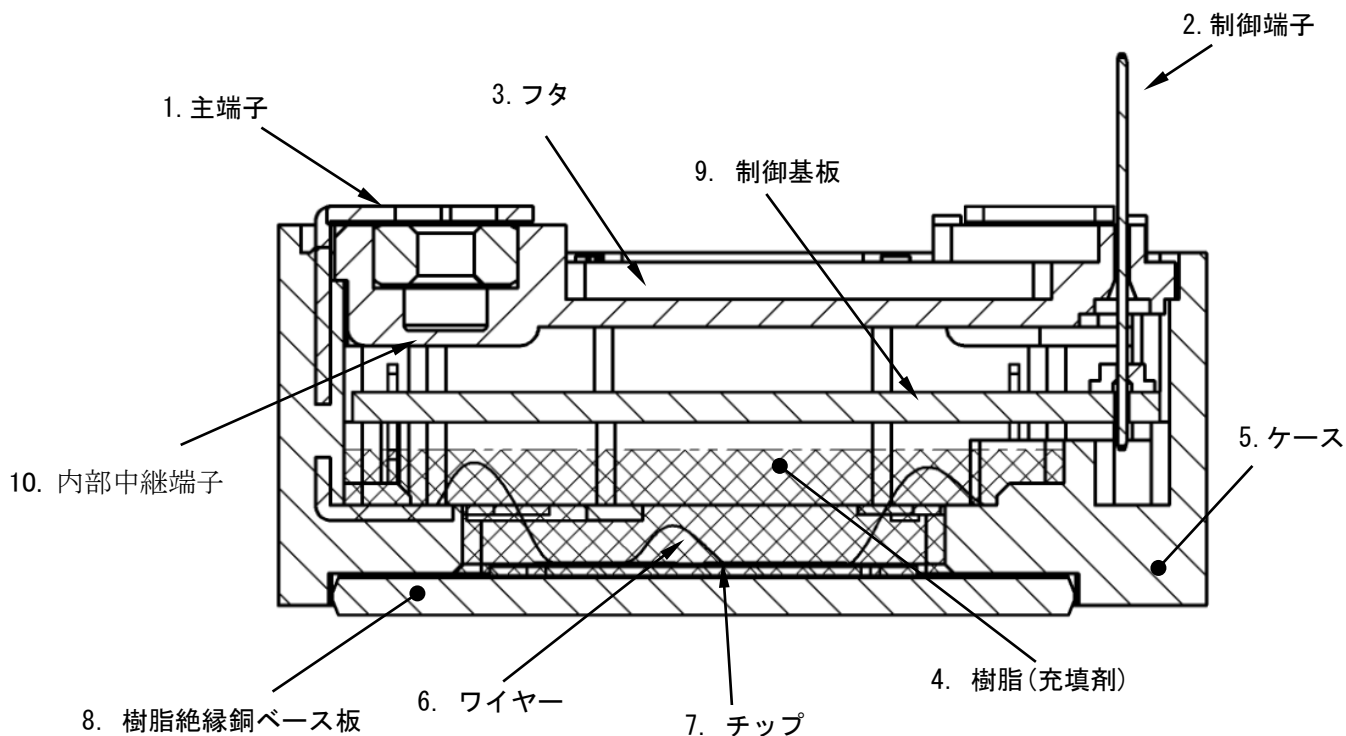
【データ内容】

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
P	M	5	0	R	G	1	B	0	6	5	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	3	0	0	G	SP	SP	SP	SP
形名																			倉基						
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SP	S	4	1	A	H	1	G	SP	5	0	A	SP	SP	6	5	0	V	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
ロット番号								定格電流				定格電圧													

“SP”は、スペース(空白=ASCIIコード番号 32)相当を示す

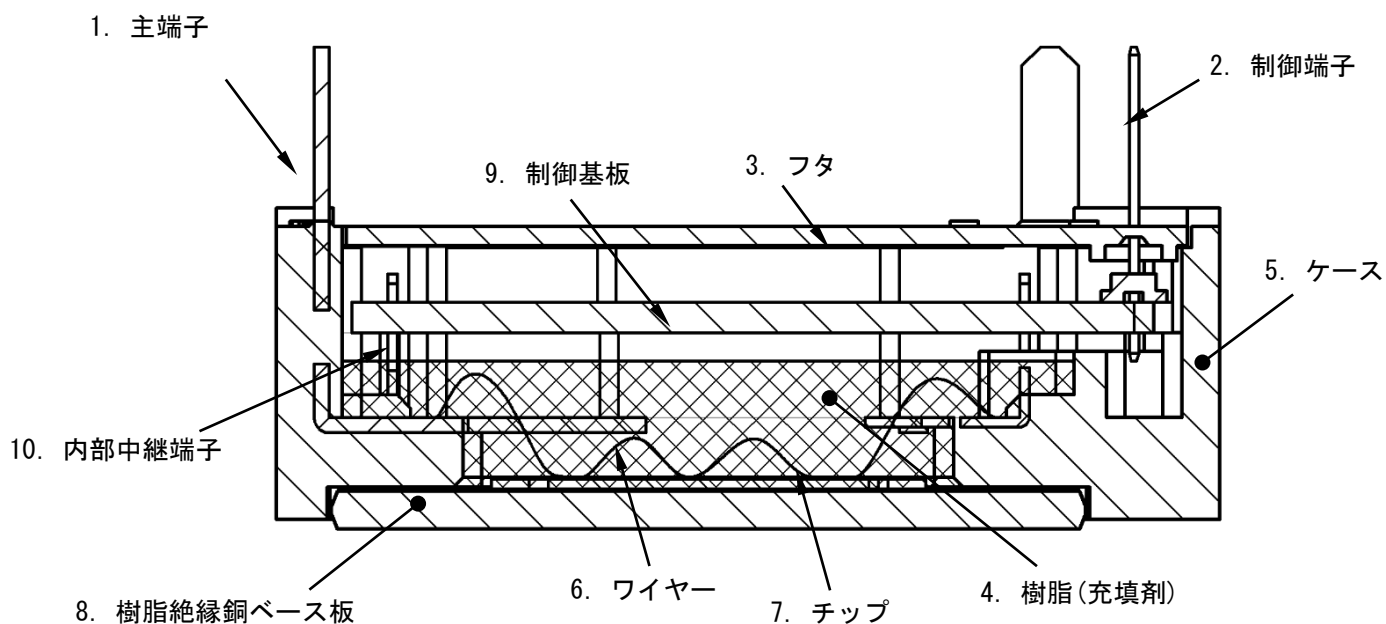
6. 構造

例)A パッケージ ネジタイプ



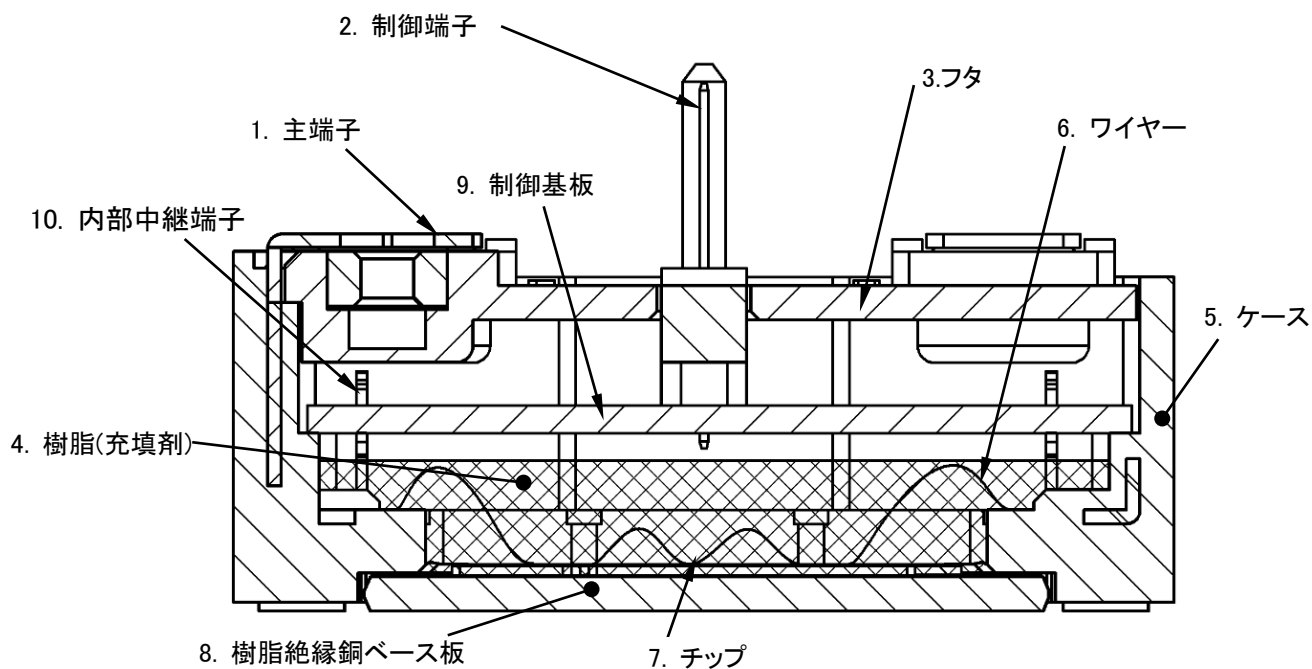
部品	材質	難燃性
1 主端子	主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	
2 制御端子	主材:真鍮、めっき:Ni(ニッケル)+Au(金)	
	樹脂部:PPS	UL 94V-0
3 フタ	PPS	UL 94V-0
4 樹脂(充填剤)	エポキシ樹脂	UL 94V-0
5 ケース	PPS	UL 94V-0
6 ワイヤー	アルミニウム(Al)	
7 チップ	シリコン(Si)	
8 樹脂絶縁銅ベース板	絶縁部:樹脂	UL 94V-0
	ベース部 主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	
9 制御基板	ガラスエポキシ	UL 94V-0
10 内部中継端子	主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	

例) A パッケージ ピンタイプ



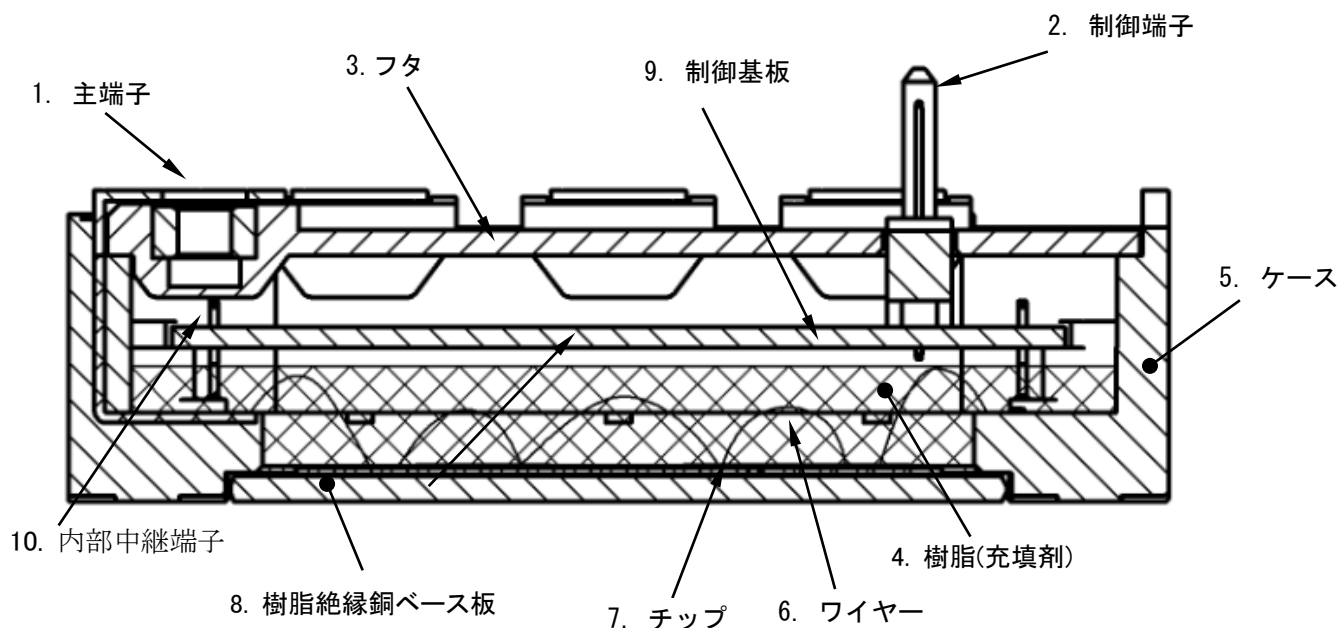
	部品	材質	難燃性
1	主端子	主材:銅(Cu)、めっき:ニッケル(Ni)	
2	制御端子	主材:真鍮、めっき:ニッケル(Ni)+錫(Sn)	
		樹脂部:PPS	UL 94V-0
3	フタ	PPS	UL 94V-0
4	樹脂(充填剤)	エポキシ樹脂	UL 94V-0
5	ケース	PPS	UL 94V-0
6	ワイヤー	アルミニウム(Al)	
7	チップ	シリコン(Si)	
8	樹脂絶縁銅ベース板	絶縁部:樹脂	UL 94V-0
		ベース部 主材:銅(Cu)、めっき:ニッケル(Ni)	
9	制御基板	ガラスエポキシ	UL 94V-0
10	内部中継端子	主材:銅(Cu)、めっき:ニッケル(Ni)	

例) B パッケージ



部品	材質	難燃性
1 主端子	主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	
2 制御端子	主材:真鍮、めっき:Ni(ニッケル)+Au(金)	
	樹脂部:PBT	UL 94V-0
3 フタ	PPS	UL 94V-0
4 樹脂(充填剤)	エポキシ樹脂	UL 94V-0
5 ケース	PPS	UL 94V-0
6 ワイヤー	アルミニウム(Al)	
7 チップ	シリコン(Si)	
8 樹脂絶縁銅ベース板	絶縁部:樹脂	UL 94V-0
	ベース部 主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	
9 制御基板	ガラスエポキシ	UL 94V-0
10 内部中継端子	主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	

例) C パッケージ



部品	材質	難燃性
1 主端子	主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	
2 制御端子	主材:真鍮、めっき:Ni(ニッケル)+Au(金)	
	樹脂部:PBT	UL 94V-0
3 フタ	PPS	UL 94V-0
4 樹脂(充填剤)	エポキシ樹脂	UL 94V-0
5 ケース	PPS	UL 94V-0
6 ワイヤー	アルミニウム(Al)	
7 チップ	シリコン(Si)	
8 樹脂絶縁銅ベース板	絶縁部:樹脂	UL 94V-0
	ベース部 主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	
9 制御基板	ガラスエポキシ	UL 94V-0
10 内部中継端子	主材:銅、めっき:Ni(ニッケル)	

※ これらの図は代表例としての構造概略を示しています。正確な寸法やレイアウトを示すものではありません。
また、製品中の使用部品全てを示すものではありません。

7. パワーモジュールを正しく安全に使用するために

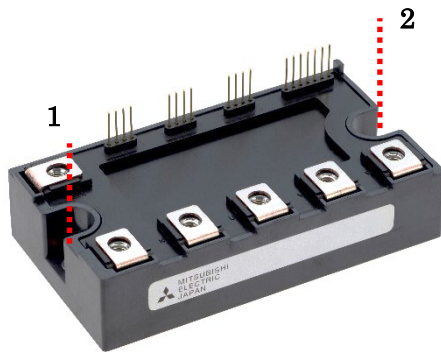
ご使用の前に、この「取扱上の注意」をよくお読みの上、正しくご使用下さい。

 注意	
運送・運搬方法	<ul style="list-style-type: none"> ・運送中は、梱包箱を正しい向きに置いてください。逆さにしたり、立てかけたり不自然な力を加えますと、電極端子が変形したり樹脂ケースが壊れる原因になります。【天地無用】 ・投げたり、落したりしますと素子が壊れる原因になります。【ワレモノ注意】 ・水に濡れますと使用時の故障原因になります。降雨、降雪時の運搬には濡らさないように注意してください。【水濡れ注意】
保管方法	<ul style="list-style-type: none"> ・製品を保管する場所の温度及び湿度は、5～35℃、45～75%の常温常湿範囲内が望ましく、この温度、湿度から極度にかけ離れた環境では、素子の性能や信頼性を低下させることがあります。
長期保管	<ul style="list-style-type: none"> ・製品を長期(1年以上)に渡って保管する場合は、除湿対策をしてください。なお、長期保管後のご使用の際には、外観に傷、汚れ、錆等がないことを確認してください。
使用環境	<ul style="list-style-type: none"> ・高湿度環境(結露も含む)や有機溶剤が直接付着する場所、腐蝕性ガスを発生する場所、また、爆発性ガス、粉塵、塩分などのあるところでの使用は重大な事故につながる可能性がありますので避けてください。
難燃性	<ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ充填樹脂及びケース材料には、UL規格の94V-0認定品を使用しています。不燃性ではありませんので、ご注意ください。
静電気対策	<ul style="list-style-type: none"> ・静電気による破壊を防止するための対策が必要です。IPMの場合、IGBTチップのゲート・エミッタ端子が直接外部へ出力されていませんが、IPMの制御端子においても一般的な静電気対策が必要です。 (1) 静電気破壊に対する注意事項 <ul style="list-style-type: none"> 人体や梱包材料に帯電した静電気や制御端子に過大な電圧が印加されると、素子または制御回路が破壊することがあります。静電気対策の基本は、静電気の発生をできるだけ抑えることと、帯電した電荷をすばやく逃がすことです。 * 運搬、保存に静電気を帯びやすい容器は使用しないでください。 * 素手で端子間を絶対に触らないように手袋をしてください。 手袋や作業衣はナイロンなどのような帯電しやすい布地のものは避けてください。 * 組立は、使用機器や人体を接地して作業を行ってください。 また、作業台表面及び作業台周囲の床には導電性マットを敷き、接地されることを推奨します。組立は、製品を梱包箱から取出す時点からを指します。 * 素子を実装したプリント基板上で制御端子が開放状態になっていますと、プリント基板に帯電した静電気により破壊することがありますのでご注意ください。 * はんだごてを使用する場合は、半導体用の低電圧(12V～24V)のはんだごてを用い、こて先をアースしてください。 (2) 制御端子開放時の注意事項 <ul style="list-style-type: none"> * 制御端子間が開放状態で、コレクタ・エミッタ間に電圧を印加しないでください。 * 素子を取外す際は、制御端子間を短絡して取外してください。
帯電対策	<ul style="list-style-type: none"> ・制御端子に電圧を印加するような受入れ検査(飽和電圧試験など)を実施される場合、試験終了後に梱包箱や保管用の(導電性)コンテナへ戻す前に各端子とGND端子間に蓄積された電荷を高抵抗(10kΩ程度)で放電させてください。
配線方法	<ul style="list-style-type: none"> ・モジュールを製品に実装する場合は、ねじ端子(構造)部に過大な応力を加えないでください。端子構造部自体や端子構造部とケースの接合部の破損を招く恐れがあります。 ・プリント基板などを用いてピン形状の主端子及び制御端子を配線する場合は、プリント基板に挿入する際に、過大な応力を印加して変形させないようにご注意ください。

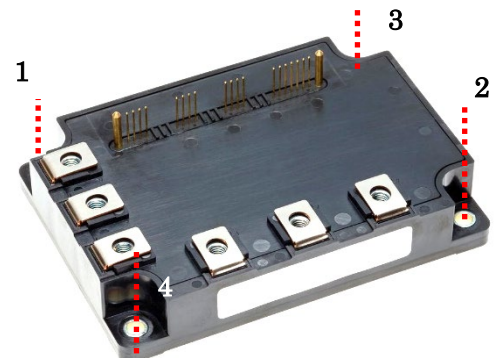
注意

取付け方法

・IPM をヒートシンクなどに取付ける際に極端な片締めを行いますと、内部に応力が加わり、IPM の破壊要因となることがあります。締め付け順序例を (a)、(b) に示します。



(a) 2点締めモジュール
仮締め 1→2、本締め 2→1

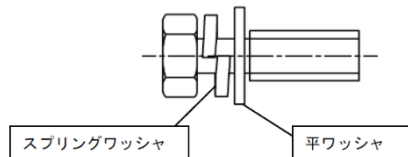


(b) 4点締めモジュール
仮締め 1→2→3→4、本締め 4→3→2→1

* : 仮締めの締め付けトルクは、最大定格の 10~30%を目安に設定してください。

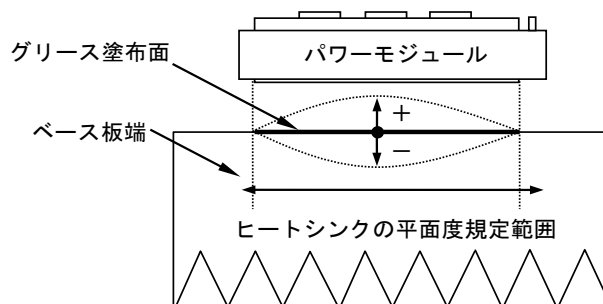
* : スプリングワッシャと平ワッシャを付けてネジ締めください。

推奨: 座金(スプリングワッシャ+平ワッシャ)組み込みネジ



例: 座金組み込みネジ

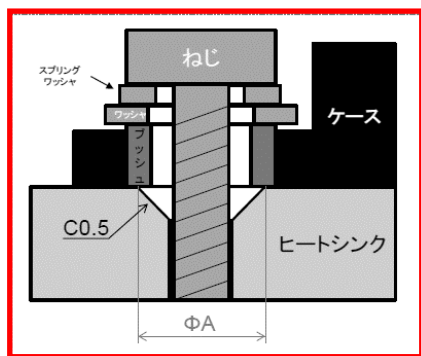
- ・放熱効果を最大限得るためには、その接触面積をできるだけ大きくし接触熱抵抗を最小にする必要があります。ヒートシンクの平面度は、モジュール取付け面(図2参照)において、 $-50 \mu\text{m} \sim +50 \mu\text{m}$ (長さ100 mmに対して)としてください。また、表面粗さは、長さ100 mmに対して $10 \mu\text{m}$ 以内としてください。ヒートシンク表面に十分な平面度が確保されていませんと、過度のマイナス(凹)反りは、接触熱抵抗 $R_{\text{th}(c-s)}$ が大きくなりモジュールの放熱性に影響を及ぼします。また、過度のプラス(凸)反りは、取付けの際にモジュール内部に応力が加わり、モジュールの破壊要因となることがあります。
- ・モジュールとヒートシンクの接触面には、熱伝導性のよい放熱用グリス(以下グリス)を次のように、均一になるように $+50 \mu\text{m} \sim +100 \mu\text{m}$ 程度を目安に塗布して下さい。
- ・ヒートシンクとの接触面にグリスを塗布しますと接触部の腐蝕防止にも役立ちます。ただし、塗布するグリスは、使用動作温度範囲内で変質せず、経年変化のないものをご使用下さい。
- ・締め付けには、トルクレンチなどを使用し所定のトルクまで締め付けます。締め付けトルクが大きすぎますと、前記の片締め同様、モジュールの破壊要因となることがあります。



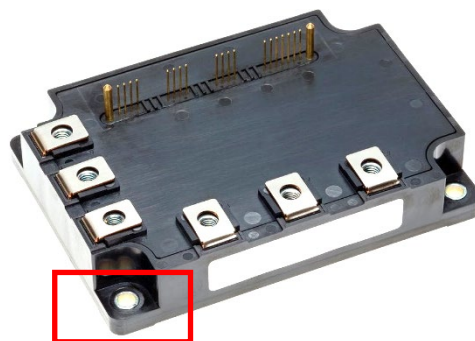
 注意

取付け方法

・IPM 取付のヒートシンク側のネジ穴加工について、取付ねじの軸力を確保(ねじ緩み防止)および、ケース樹脂材への応力集中を防止するため、ヒートシンクのねじ穴の最外形寸法(ΦA)を以下の通りに設定いただくことを推奨します。



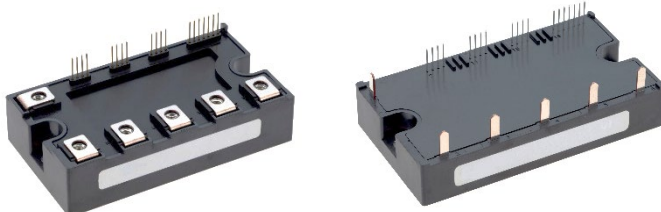
Section A



Section A

*各取付位置共通

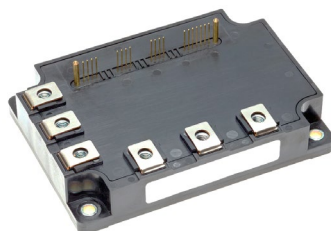
- ・A-PKG : 取付使用ネジ M4, 推奨 ΦA (最大) = $\Phi 5$ mm
 - G1A : A パッケージ、主端子 ネジタイプ (ストレート配列)
 - G1AL : A パッケージ、主端子 ネジタイプ (L 型配列)
 - G1AP : A パッケージ、主端子 ピンタイプ (ストレート配列)
 - G1APL : A パッケージ、主端子 ピンタイプ (L 型配列)



- ・B-PKG : 取付使用ネジ M5, 推奨 ΦA (最大) = $\Phi 6$ mm
 - G1B : B パッケージ、主端子 ネジタイプ



- ・C-PKG : 取付使用ネジ M5, 推奨 ΦA (最大) = $\Phi 6$ mm
 - G1C : C パッケージ、主端子 ネジタイプ



8. パワー素子の実装配置

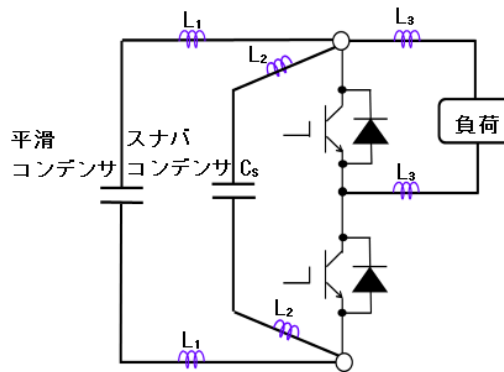
8-1. コンデンサの実装配置

コンデンサからスイッチング素子を通してコンデンサへ戻る閉回路には、スイッチング時に高い di/dt が発生します。この回路の配線が長い場合、配線インダクタンスによる $L \cdot di/dt$ 電圧は、ターンオフ時やリカバリ時にサージ電圧として素子に印加され、これが耐電圧を越えれば素子は破壊します。

これを防ぐ方法には下記のようなものがあり、これらを併用するのが一般的です。

- ① 平滑コンデンサと素子の配置を近づけ、かつ往復線路をラミネート状に配置し磁界をキャンセルすることにより、インダクタンスを減少させる。
- ② 素子の端子直近に、スナバコンデンサを接続し、高周波電流をバイパスさせ、サージ電圧を吸収する。
- ③ 平滑コンデンサそのものを低インピーダンスタイプとする。

①や③により主回路の配線インダクタンス(L1)をできるだけ抑え、それでもサージ電圧が大きい場合②を用いて抑制することが一般的な対策になります。②については、配線インダクタンス(L1)が大きいとCs-L1間の共振により電圧の振動が大きくなる場合があります。その時はCsの値を変更すると振動が抑えられます。



パワーモジュールの適用回路

- L1: 平滑コンデンサとIGBTモジュールを接続する配線のインダクタンス。往復線路なので、絶縁体を挟んだ平行平板の金属板によるラミネート状配線とし互いの磁界がキャンセルするようにする必要があります。
- L2: スナバコンデンサのリード線のインダクタンス。このインダクタンスが大きいとバイパスしなくなります。
- L3: 負荷をつなぐ配線のインダクタンス。

8-2. 取付け上の注意事項

締付けにはトルクレンチを使用し所定のトルクまで締めます。締付けトルクが大きすぎると、前記の片締め同様素子の破損又は劣化を招く危険性があります。取付けは可能な限り手締めにて行ってください。電動ドライバなどにて締付ける場合には、締付ける前にモジュールをヒートシンクに押付けるなどして余分なグリースを押し出しておくと共に、締付け速度を十分に落とし、粘性の低いグリースを使用してください。粘度の高いグリースが多量に挟まっている状態で高速に締付けますと、モジュールが変形し、破損することがあります。また、ねじが傾いた状態で締付けた場合は、ケースが破損する事があります。

注) データシートに記載の接触熱抵抗はグリース厚みと熱伝導率、ベース板面積から求められる参考値です。グリースの種類、塗布量やヒートシンクによって変わりますので、実際に使用するグリース及びヒートシンクで評価を行った上で選定ください。

8-3. 熱伝導性グリースの塗布方法(例)

弊社におけるパワーモジュールに使用する熱伝導性グリース(以下グリースと呼びます)の塗布方法についてご説明します。

- ①準備するもの: パワーモジュール、グリース、へら又はローラー、電子質量計、手袋
サーマルコンパウンドと呼ばれているものも基本的にはグリースと同じ機能を果たすものですが、粘度の高いものを使用する場合は、ベース全面に広がるよう塗布前によく攪拌ください。
- ②塗布するグリースの量と厚みの関係は下記のようにっており、

$$\text{グリースの厚み} = \frac{\text{グリースの量}[\text{g}]}{\text{モジュールのベース板の面積}[\text{cm}^2] \times \text{グリースの密度}[\text{g}/\text{cm}^3]}$$

グリース厚みは+50 μm ~ +100 μm 程度を目安に塗布して下さい。
なお、この厚みは、塗布時の初期値で、取付け後は、ベース板やヒートシンクの反り量によって変動致します。
準備したパワーモジュールに必要なグリースの量を算出します。

計算例: ベース板サイズ 9.41 × 4.0cm (PM150CG1B065)、グリースの密度が 2.65g/cm³ の場合、

$$50 \sim 100 \mu\text{m} = \frac{\text{グリースの量} [\text{g}]}{37.64[\text{cm}^2] \times 2.65[\text{g}/\text{cm}^3]}$$

∴ グリース量 ≒ 0.5 ~ 1.0 [g] となります。

- ③準備したパワーモジュールの質量を計測します。
 - ④電子質量計を使ってパワーモジュールのベース板に、①で算出したグリースの量を加えます。
グリースの加え方は特に指定しておりません。
 - ⑤加えたグリースをへら(又ローラー)で均一になるようベース板全面に伸ばします。
- 他にはグリースのマスク印刷があります。最終的に、目的の厚みがパワーモジュールのベース板全面でほぼ均一となる方法であれば、方法は問いません。
- ⑥ヒートシンク取付け後に、はみ出すグリースを全て拭取らない方が、接触面のグリースの経年変化を抑制する効果が上がることがあります。

8-4. IPMと回路の接続

IPM の制御端子は直接、制御基板(プリント基板)に接続する構造です。IPM のインターフェイス回路を直接接続することで、信号・電源配線距離が短くなり、ノイズ耐量が向上します。

G1AP、G1APL タイプは制御基板とはんだで接続する端子構造で、制御端子は錫メッキ処理されています。

その他のタイプはコネクタで制御基板と接続することが出来ます。接触抵抗を減らすため、制御端子は金メッキ処理されています。主端子はネジまたははんだによる接続です。コネクタの仕様詳細についてはメーカーにお問い合わせください。

IPM タイプ	接続方法とコネクタ名称
PM50CG1AP065, PM75CG1AP065 PM100CG1AP065, PM50RG1AP065, PM75RG1AP065 PM50CG1APL065, PM75CG1APL065, PM100CG1APL065, PM25CG1AP120, PM35CG1AP120 PM50CG1AP065, PM25RG1AP120, PM35RG1AP120 PM25CG1APL120, PM35CG1APL120, PM50CG1APL120	主端子: はんだ付けによる接続 制御端子: はんだ付けによる接続 * 推奨はんだ条件 ・リフロー⇒適応できません。 ・フロー⇒推奨:260℃ 10 秒以内 ・こてはんだ⇒推奨:340℃ 10 秒以内
PM50CG1A065, PM75CG1A065 PM100CG1A065, PM50RG1A065, PM75RG1A065 PM50CG1AL065, PM75CG1AL065, PM100CG1AL065, PM25CG1A120, PM35CG1A120 PM50CG1A065, PM25RG1A120, PM35RG1A120 PM25CG1AL120, PM35CG1AL120, PM50CG1AL120	主端子: ネジによる接続 (screw:M4). 制御端子: コネクタによる接続. DF10-31S-2DSA(78) or DF10-31S-2DSA(72) (ヒロセ電機株式会社) SERIES 18020 * IMSA-18020S-19A-GFN4 or IMSA-18020S-19B-GFN4 (イリソ電子工業株式会社)
PM50CG1B065, PM75CG1B065 PM100CG1B065, PM150CG1B065 PM200CG1B065, PM50RG1B065, PM75RG1B065 PM100RG1B065 PM150RG1B065 PM200RG1B065, PM25CG1B120, PM50CG1B120 PM75CG1B120, PM100CG1B120 PM25RG1B120, PM50RG1B120 PM75RG1B120, PM100RG1B120	主端子: ネジによる接続 (screw:M4). 制御端子: コネクタによる接続. DF10-31S-2DSA(78) or DF10-31S-2DSA(72) (ヒロセ電機株式会社) SERIES 18020 * IMSA-18020S-19A-GFN4 or IMSA-18020S-19B-GFN4 (イリソ電子工業株式会社)
PM200CG1C065, PM300CG1C065 PM450CG1C065, PM200RG1C065, PM300RG1C065 PM450RG1C065 PM100CG1C120, PM150CG1C120 PM200CG1C120, PM100RG1C120、PM150RG1C120 PM200RG1C120	主端子: ネジによる接続 (screw:M5). 制御端子: コネクタによる接続. DF10-31S-2DSA(78)、 or DF10-31S-2DSA(72) (ヒロセ電機株式会社) SERIES 18020 * IMSA-18020S-19A-GFN4 or IMSA-18020S-19B-GFN4 (イリソ電子工業株式会社)

* SERIES 18020

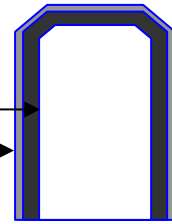
フローティング構造を採用し、挿入性が良く IPM 多数個同時挿入の際にも容易に挿入しやすい特徴を持つコネクタです。

8-5. IPM の端子

(1) IPM の制御端子の材質 (A パッケージ ネジタイプ、B パッケージ、C パッケージ)

IPM側の制御端子の材質・表面処理を示します。

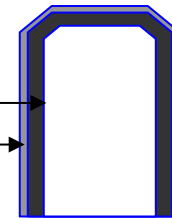
主材	真鍮(黄銅)	
表面処理	下地	ニッケル(Ni) 厚み= 1~5.5 μm
	表面	金 (Au) 厚み= 0.05~0.25 μm



(2) IPM の制御端子の材質 (A パッケージ ピンタイプ)

IPM側の制御端子の材質・表面処理を示します。

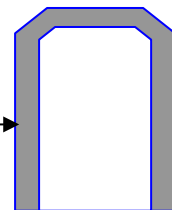
主材	真鍮(黄銅)	
表面処理	下地	ニッケル(Ni) 厚み= 0.5~1 μm
	表面	錫 (Sn) 厚み= 2~6 μm



(3) IPM の主端子の材質

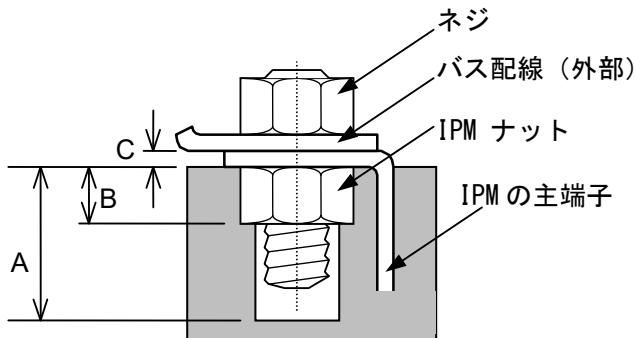
IPM側の主端子の材質・表面処理を示します。

主材	銅	
表面処理	表面	ニッケル (Ni) 厚み= 2~6 μm



(4) IPM の主端子(ネジタイプ)

主端子部の構造を以下に示します。



構造(タイプ)	ネジ	IPM ネジ穴深さ	IPM ナット厚み	IPM 主端子厚み
		図記号 A(mm)	図記号 B(mm)	図記号 C(mm)
A パッケージ	M4	typ=5.7/min=5.4	typ=3.2	typ=0.8
B パッケージ				
C パッケージ	M5	typ=6.4/min=6.1	typ=4.0	typ=0.8

*

使用するネジが、ネジ穴深さ A より長い場合、ケースが破断し IPM 内部の PCB と接触して破壊を引き起こすことがあります。上記の寸法から適切なネジを選定ください。また、締め付けには必要に応じてスプリングワッシャーを使用ください。

(5) B-PKG, C-PKG のガイドピン

IPM の制御端子部の両側にあるガイドピンは金属(真鍮)ですが、内部は絶縁されており、どの部分にも接続されていません。

9. IPM の使い方

9-1. IPM の端子記号の説明

No	名称	記号	回路概略	動作 (説明)
1	電源	V_D V_{UP1} V_{VP1} V_{WP1}		<p>IPM に内蔵の制御 IC の電源端子です。 N 側(下アーム)、P 側(上アーム)共に個別に絶縁した電源を印加します。G1 シリーズでは、下側共通で計 4 個の独立した電源が必要です。</p> <p>DC12.7V 以下では、UV 保護が働きます。この状態では、Fo 信号を出力し、制御信号を入力しても動作しません。 DC16.5V 以上では、IGBT のゲート特性により短絡時の動作を保障できません。 基準値は DC15V であり、ノイズと電源リップルによる誤動作を抑えるため周波数特性の良いコンデンサを IPM の端子の直近に接続してください。</p>
2	グラウンド	V_{NC}		<p>N 側の基準電源用 GND です。G1 シリーズでは N 側 3 相分共通です。 制御電源の GND になるのでノイズの影響を避けるため、母線電流は流れない様にしてください。この端子と N 端子を基板上のパターンで接続しないで下さい。 内部では、インバータ GND の N 端子と接続されています。しかし、パターン寄生インダクタンスにより実動作時に N-V_{NC} 間に電位差が生じることがあります。</p>
		V_{UPC} V_{VPC} V_{WPC}		<p>各相 P 側の基準電源用 GND です。 ノイズ耐性を向上させるため、電源インピーダンスは可能な限り低くして下さい。 U、V、W の各相間は絶縁して下さい。</p>
3	制御信号	U_P V_P W_P U_N V_N W_N		<p>IPM のスイッチングを制御する入力端子です。電圧入力で動作します。 通常、外部に絶縁用フォトカプラと制御電源へのプルアップ抵抗を接続して使用します。 ノイズに敏感ですので、制御信号配線パターンは最短として配線に注意してください。 また、電源-GND 間には、周波数特性の良いコンデンサを IPM の直近に接続してください。</p>
4	ブレーキ制御信号	Br		<p>R**タイプ(RG1A など)で使用する端子です。 モータ減速時の再生電流により、PN 間電圧が上昇するのを防ぐ目的で使用します。 通常、外部に絶縁用フォトカプラと制御電源へのプルアップ抵抗を接続して使用します。 制御信号端子と同じ構造であり、ノイズに敏感ですので、制御信号と同様の対策が必要です。</p>

5	エラー 出力	F _o		<p>IPMの異常状態を示す出力端子です。異常モードは、過熱・短絡・制御電源電圧低下の3つです。出力されるF_o期間により識別可能です。端子は、抵抗をシリーズに接続したオープンコレクタ(ドレイン)になっています。この端子とV_Dとの間に、フォトカブラのLEDを直接接続できます。</p>
6	インバータ 電源	P		<p>インバータの電源(VCC)端子です。通常は、ACラインをコンバータで整流した後のプラス(+)側を接続します。内部では、P側IGBTのコレクタに接続されています。パターンのインダクタンス成分によるサージ電圧抑制するため、平滑コンデンサは、P、N端子の直近に接続してください。また、スナバコンデンサを接続することも有効です。</p>
7	インバータ GND	N		<p>インバータの電源GNDです。通常は、ACラインをコンバータで整流した後のプラス(-)側を接続します。内部では、N側IGBTのエミッタに接続されています。更に、基準用の制御GNDのV_{NC}と接続されています。しかし、IPM内部の寄生インダクタンスにより、実動作時には、V_{NC}-N間に電位差が生じることがあります。</p>
8	出力	U V W		<p>インバータ出力用の端子です。通常は、ACモータなどの負荷を接続します。内部では、ハーフブリッジで構成されたIGBTの midpoint (P側IGBTのエミッタ、N側IGBTのコレクタ)に接続されています。</p>
9	ブレーキ 出力	B		<p>R**タイプ(RG1Aなど)で使用する端子です。モータ減速時の回生電流により、PN間電圧が上昇するのを防ぐ目的で使用します。通常は、P側との間に電力消費用抵抗(ブレーキ抵抗)を接続します。ACモータをインバータ駆動する時の回生電流を前提に設計されています。U、V、Wのインバータ部に使用しているIGBT電流定格の50%の電流定格のIGBTを使用しています>(*定格によって異なります)特殊な制御をして過大な電流が流れるような用途や、高周波でスイッチングする用途には対応できません。</p>

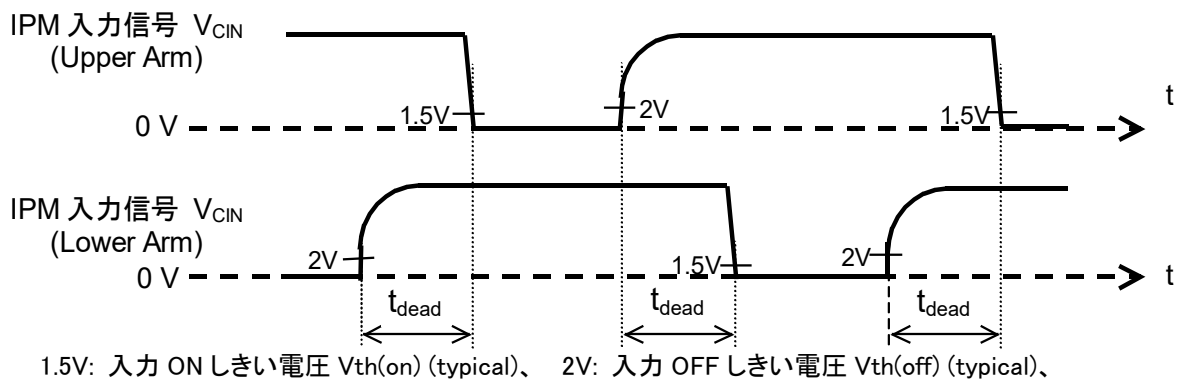
9-2. IPM の機能

機能	記号	機能の内容
通常駆動	-	・入力信号が $V_{CIN(off)}$ より高いとき ($V_{CIN} > V_{CIN(off)}$) IGBT がオフ 入力信号が $V_{CIN(on)}$ より低いとき ($V_{CIN} < V_{CIN(on)}$) IGBT がオンするように駆動します。
短絡保護	SC	・IGBT の順方向コレクタ電流を IGBT チップ内蔵の電流センサで検出し、SC レベル(SCトリップレベル)を超える電流が流れたとき短絡状態と判定し、IGBT をソフト遮断します。 ・N 側アームのいずれかの IGBT に短絡状態が発生した場合は、N 側アームのオン状態にある全 IGBT (U_N, V_N, W_N, B) がソフト遮断します。 ・短絡によるエラー出力は、短絡状態と判断した際に一定の時間($t_{Fo(sc)}$)を出力します。
過熱保護	OT	・IGBT チップに搭載された温度センサでチップ表面温度を検出し、OT レベル(OTトリップレベル)以上になると過熱状態と判断し、IGBT をソフト遮断します。 ・N 側アームのいずれかの IGBT に過熱状態が発生した場合は、N 側アームのオン状態にある全 IGBT (U_N, V_N, W_N, B) がソフト遮断します。 ・過熱によるエラー出力は過熱状態と判断した際に一定の時間($t_{Fo(ot)}$)を出力します。
制御電源電圧低下保護	UV	・制御電源電圧を検出し、UV レベル(UVリセットレベル)以下の電圧が一定時間以上継続すると、IGBT をソフト遮断して、制御電源電圧低下状態の間、IGBT を遮断します。 ・N 側アームの制御電源電圧低下状態が発生した場合は、N 側のアーム入力が入っている全 IGBT (U_N, V_N, W_N, B) がソフト遮断します。 ・制御電源電圧低下によるエラー出力は制御電源電圧低下状態と判断した際に一定の時間($t_{Fo(uv)}$)を出力します。
保護動作時ソフト遮断	-	・各要因による保護動作で IGBT を遮断する際に IGBT のゲート電圧を除々に下げ、IGBT の遮断に伴うサージ電圧の発生を抑制します。
エラー出力	F_o	・SC、OT、UV の各保護動作時に、それぞれのエラーに応じた期間導通します。内部に $1.5k\Omega$ の抵抗が直列に接続されています。

*それぞれの保護機能のタイミングチャートについては、9-4 項をご参照ください。

デッドタイム(t_{dead})

IPMの各アーム入力信号に上下アーム休止時間(デッドタイム)を設定する必要があります。IPM内部で自動的に生成する機能はありません。IPMのデッドタイムは、IPMの端子部で測定し、フォトカプラのデッドタイムは含まれません。



$V_{th(on)}$, $V_{th(off)}$ は ON 状態または OFF 状態にするために最低限必要なしきい電圧です。
安定的な ON 状態、OFF 状態を確保するための入力信号の電圧としては、 $V_{CIN(on)} \leq 0.8V$ 、 $V_{CIN(off)} \geq 9.0V$ を推奨します。

9-3. IPM の安全動作領域

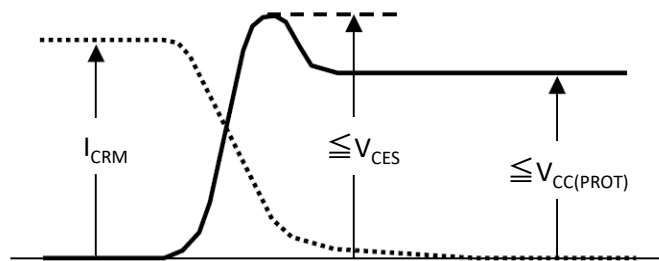
IPM は IGBT の駆動回路と保護回路を内蔵していますので、過電圧を除く、多くの異常モードから IGBT を保護します。IPM は保護回路を内蔵していますので、IGBT モジュールの様な、SOA(安全動作領域)は定義されていません。IPM の保護回路は、内蔵する IGBT 素子の SOA 内で保護するように設定されています。IPM の安全動作領域は、以下のように定義されます。

(1) ターンオフスイッチング SOA

通常、IGBT のスイッチング SOA は、最大電圧(耐圧)と最大電流で定義されます。IPM は保護機能がありコレクタ電流は SC 保護により制限されます。一方、電圧に関しては、IPM 内部のインダクタンスによって発生するサージ電圧および、IPM と平滑コンデンサ間の配線インダクタンスによって発生するサージ電圧が、IPM の耐圧(V_{CES})以下に収まる事がが必要です。 V_{CE} はコレクタ側主端子・エミッタ側制御端子で測定してください。

IPM のターンオフスイッチング SOA は下図の様に定義されます。

条件: V_{CES} および $V_{CC(PROT)} \leq$ 定格値、 $V_D=13.5V \sim 16.5V$ 、 $T_{vj}=125^\circ C$



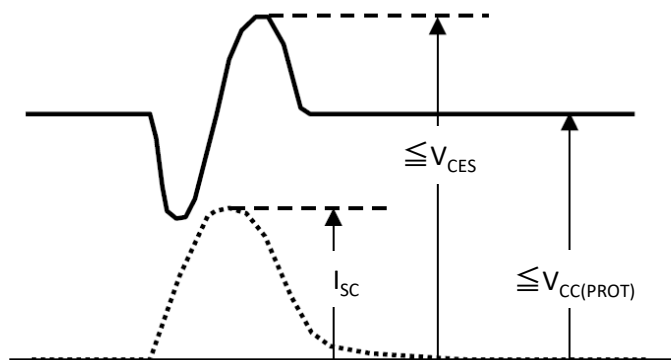
ターンオフスイッチング SOA

(2) 短絡 SOA

IPM は SC 保護回路を内蔵しています。短絡電流は、IPM の SC 保護レベルと短絡配線のインダクタンスによって決まりますので、通常、IPM が破壊に至る電流が流れることはありません。一方、電圧に関しては、IPM 内部のインダクタンスによって発生するサージ電圧および、IPM と平滑コンデンサ間の配線インダクタンスによって発生するサージ電圧が、IPM の耐圧(V_{CES})以下に収まる事がが必要です。 V_{CE} はコレクタ側主端子・エミッタ側制御端子で測定してください。主回路配線のサージ電圧は、スナバコンデンサなどで低減させてください。

IPM の短絡 SOA は下図の様に定義されます。

条件: V_{CES} および $V_{CC(PROT)} \leq$ 定格値、 $V_D=13.5V \sim 16.5V$ 、 $T_{vj}=125^\circ C$



短絡 SOA

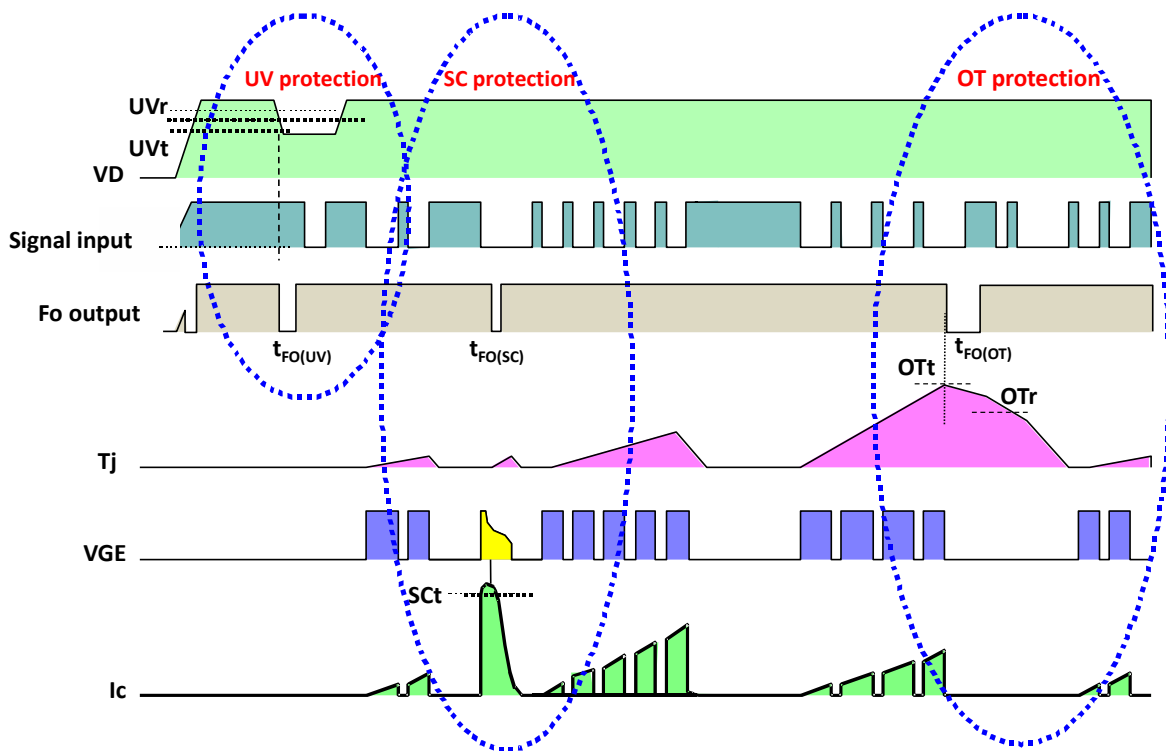
(3) 活性部動作

IPM には、制御電源電圧低下保護機能があり、電源電圧 $V_D=12.7V$ 以下($12.0V_{typ.}$)で IGBT をオフします。IGBT モジュールの様に、ゲート電圧の低い状態で IGBT を動作させることはできません。IPM では、電源電圧を $13.5V \sim 16.5V$ の間での使用を推奨しています。推奨電圧範囲内且つ定格電流内で動作させる場合は、活性部動作しない設計としています。

SC、UV、OT は、P 側の場合、エラーが発生した相の IGBT のみを個別にオフさせます。この時、N 側の各相はスイッチング可能な状態です。一方、N 側ではエラーが発生した相にかかわらず、N 側 3 相(+ブレイキ部)全ての IGBT をオフさせます。この時、P 側の各相はスイッチング可能な状態です。エラー発生時の処置は 9-4 項をご参照ください。

9-4 IPM の Fo 信号

IPM は異常の発生要因に合わせて3種類の保護回路が働きます。SC(短絡保護)、OT(過熱保護)、UV(制御電源電圧低下保護)です。IPM は非繰返しの異常に対して、各種の保護回路が動作するようにしています。IPMを使用して装置を設計されるときは、最大定格を越えたストレスを定期的に(繰返して)印加しないようにしてください。エラー信号(Fo)が出力されたときは、IPMの保護動作だけに依存せず、制御入力信号を1ms($t_{Fo(SC)min}$)以内に停止して、動作を停止させなければなりません。動作再開時はエラー要因を取り除いて10秒程度のインターバルを設けてください。IPMは、異常の原因を排除するものではないので、システム側で異常処理をする必要があります。(エラー信号がリセットされても、リセット以降の正常動作を保証するものではありません。)



(1)エラーモード識別機能

従来の IPM では異常状態が解除されるまで Fo 信号を出力していましたが、G1 シリーズでは異常状態によってエラー出力パルス幅が異なりますので以下の判定値にてエラー内容を判定して下さい。尚、異常状態が継続している場合、入力信号は受け付けずオフ状態を維持します。

記号 t_{Fo}	項目	条件	判定値			単位
			最小	標準	最大	
$t_{Fo(SC)}$	SC エラー出力パルス幅	$T_c = -20 \sim 125^\circ C$ (注 1)	1.0	2.0	2.7	ms
$t_{Fo(UV)}$	UV エラー出力パルス幅		2.8	4.0	5.4	
$t_{Fo(OT)}$	OT エラー出力パルス幅		5.5	8.0	10.9	

(注1) エラー出力は、短絡保護・過熱保護・制御電源電圧低下保護のとき出力します。
 短絡保護・過熱保護・制御電源電圧低下保護のエラー出力は、上下アームから出力します。
 短絡保護・過熱保護・制御電源電圧低下保護のエラー出力は、パルスにて出力します。

(2)保護機能

制御電源電圧低下保護 : Control Supply Under-Voltage (UV)

UV は、制御電源電圧が低下した時に生じる IGBT の VCE(sat)損失増加＝熱破壊を防止するために、制御電圧を検出し、設定電圧(UVトリップレベル)以下になると IGBT チップを強制的にオフします。

UV を検出するには、IC 内部に約 10us のフィルター回路が付加されていますので、約 10us 以上の間、UV 以下が続くことが必要です。制御電源に急峻なリプルが加わると、内部の制御 IC が誤動作して、電源電圧低下保護が動作することがあります。ノイズの少ない安定した電源を供給してください。

UVはヒステリシスを持った設定電圧(UVリセットレベル)以上になると、保護動作を解除します。その間は固定のエラー信号を1パルス出力します。Foパルス幅は、内部タイマー回路のtyp=4msです。

過熱保護:Over Temperature (OT)

OT は IGBT 素子のチップ表面温度を直接検出し、設定温度(OTトリップレベル)以上になると、IGBT チップをオフします。OT にはコンデンサによるフィルター回路が付加されています。OT はヒステリシスを持った設定温度(OTリセットレベル)以下になると保護動作を解除します。その間は固定のエラー信号を1パルス出力します。Foパルス幅は、内部タイマー回路の typ=8ms です。

過熱保護が動作する原因は、恒常的な過負荷かまたは周囲環境の異常です。

過渡的な過負荷(短時間での繰り返し過負荷)には完全には対応出来ないことがあります。このような過負荷も含めて、熱設計は確実にこなしてください。

短絡保護:Short Circuit (SC)

SC は短絡破壊を防止するために、IGBT の順方向コレクタ電流を検出して、SCトリップレベルの設定電流以上になると IGBT をオフにします。

短絡時には、SC 検出 > 保護 > 遮断で停止しますが、保護停止時間は一定(typ.2ms)であり、ラッチされたままではありません。このため、引き続き入力端子に PWM 信号を受けると、タイマー終了(Fo 解除)後にリセットされて再度スイッチングします。短絡条件が続いていれば、短絡と保護を繰り返します。

このような動作は、IGBT チップの限界付近での使用法ですので、過度のチップ温度上昇を招き、熱破壊する誘因となります。

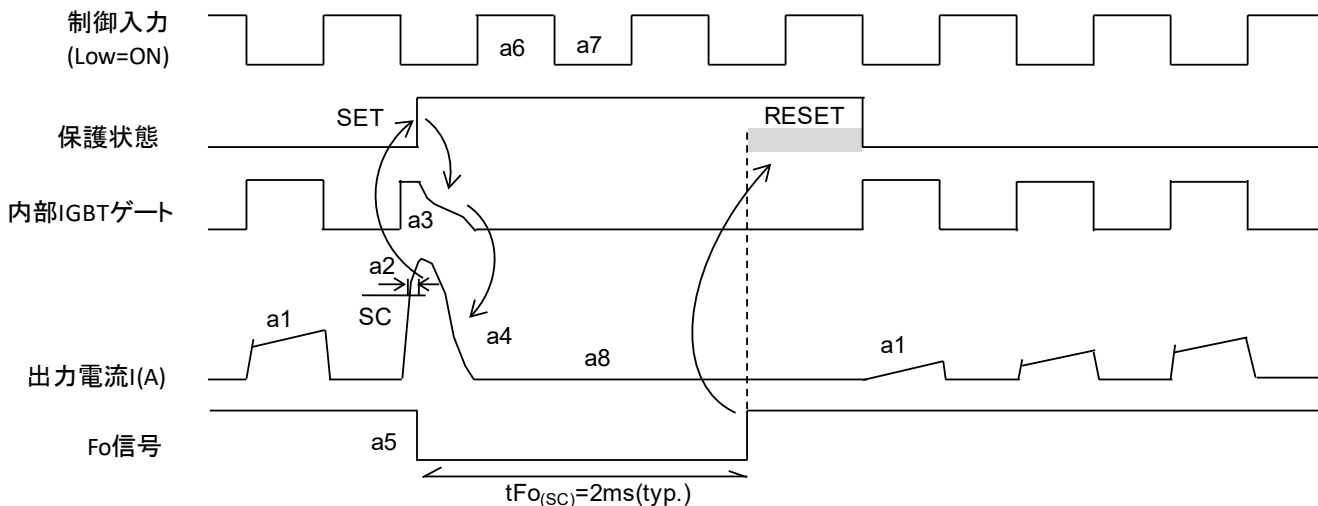
注意) SC は、IGBT と逆並列に接続されたフリーホイールダイオード(FWD)に流れる回生電流は検出していません。

雷サージ等の外来ノイズやマイコンの暴走で、IPMの入力端子が同時ONになり、短絡する可能性は、インバータの製品寿命中に数回程度と想定しています。短絡の繰り返し回数は保証していません。

(3)保護動作シーケンス

SC 保護動作シーケンス

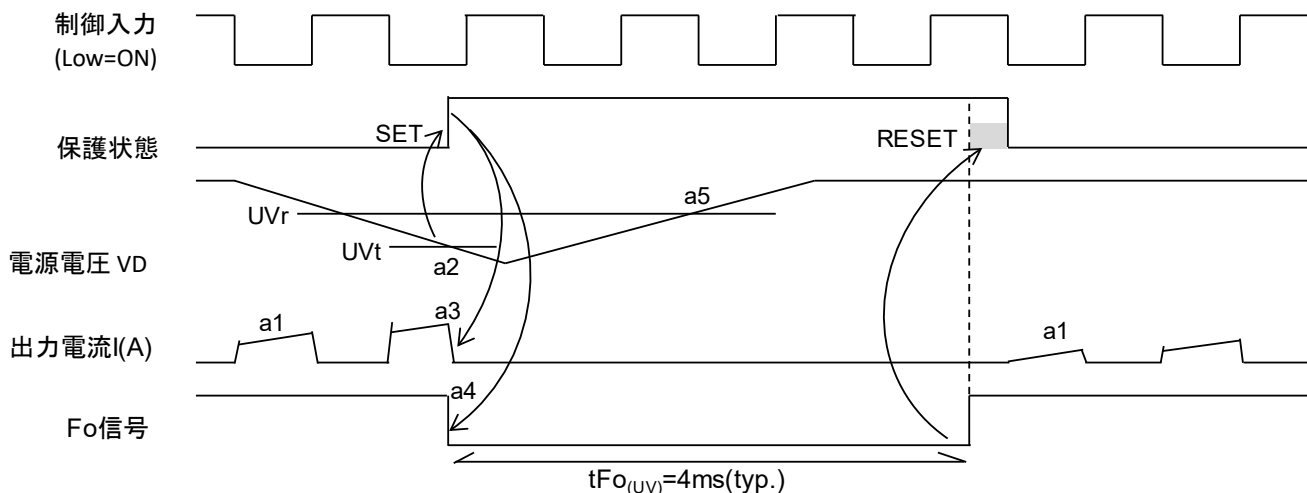
- a1. 正常動作=IGBT オン=出力電流あり
- a2. 短絡電流検出(SCトリガ)
- a3. IGBT ゲートをソフト遮断
- a4. IGBT 緩やかにオフ
- a5. Fo タイマー動作開始……パルス幅固定:tFo(SC)(typ.2ms)です。
- a6. 入力="H"=オフ
- a7. 入力="L"=オン
- a8. IGBT はオフのまま



SC 保護動作シーケンス

UV 保護動作シーケンス

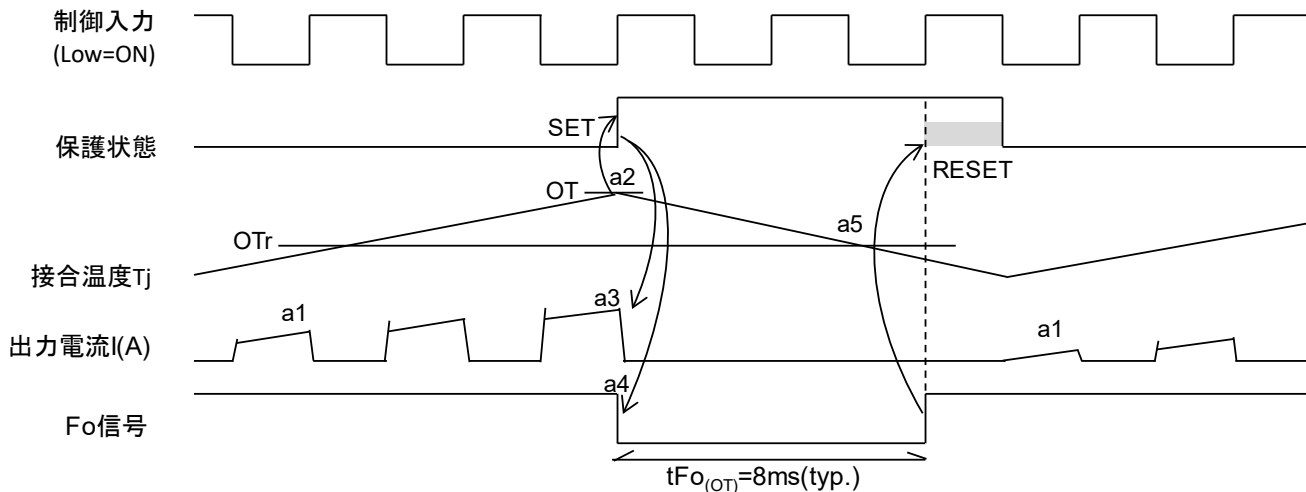
- a1. 正常動作=IGBT オン=出力電流あり
- a2. 制御電源電圧低下(UVt) ←10μsノイズ除去含む
- a3. IGBT オフ ←制御入力の状態に関わらず、オフ
- a4. Fo タイマー動作開始……パルス幅固定:tFo(UV)(typ.4ms)です。
- a5. 制御電源電圧低下(UVr) ←10μsノイズ除去含む



UV 保護動作シーケンス

過熱保護動作シーケンス

- a1. 正常動作=IGBT オン=出力電流あり
- a2. 過熱検出(OTt) ←ノイズフィルタ含む
- a3. IGBT オフ ←制御入力の状態に関わらず、オフ
- a4. Fo タイマー動作開始……パルス幅固定:tFo(OT)(typ.8ms)です。
- a5. 過熱検出リセット(OTr) ←ノイズフィルタ含む



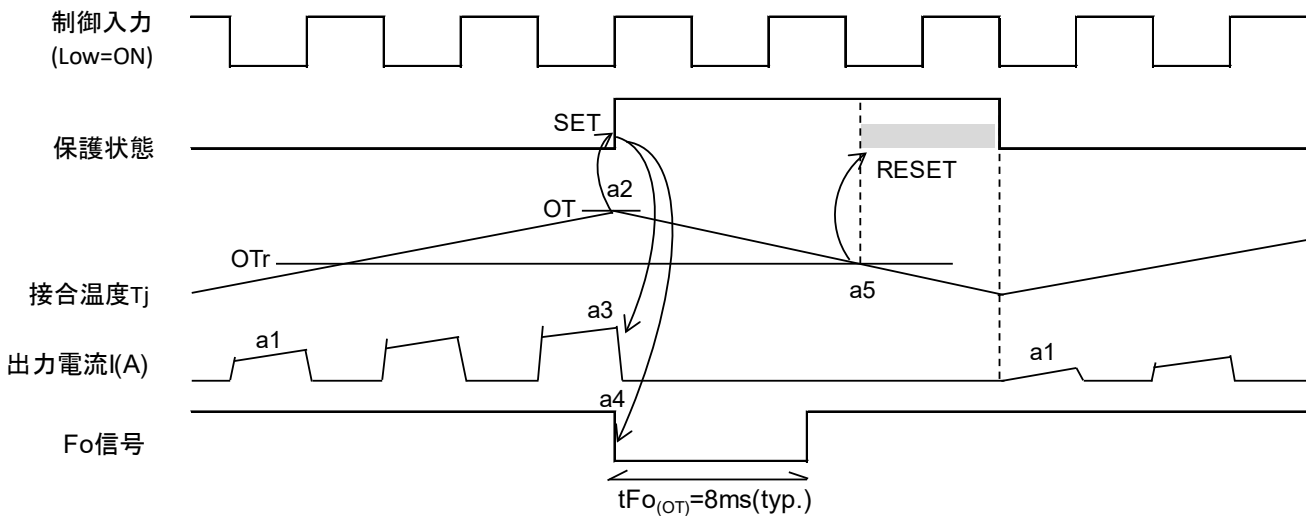
OT 保護動作シーケンス

エラー状態が継続する場合 (tFo < エラー状態)

tFo 期間に対しエラー状態が長く継続する場合、エラー出力パルス幅は一定となります。ただし、保護状態はエラー状態が解除されるまで継続いたします。

以下に OT エラー出力パルス幅(tFo(OT))に対してエラー状態が長く継続する場合の例を示します。

- a1. 正常動作=IGBT オン=出力電流あり
- a2. 過熱検出(OT)
- a3. IGBT オフ
- a4. Fo タイマー動作開始……パルス幅固定:tFo(OT)(typ.8ms)です。
- a5. 過熱検出リセット(OTr)



エラー状態が継続する場合 (tFo < エラー状態)

9-5. IPMのインターフェイス回路

IPMは高電圧を高速でスイッチングさせるため、ノイズ(高 dv/dt)が発生します。入力信号の絶縁には、通常、フォトカプラを用います。フォトカプラの選定によっては、IPMで発生する高 dv/dt により、フォトカプラが誤動作する事があります。フォトカプラを誤動作させないためには、配線レイアウトが重要です。フォトカプラ出力が、高 dv/dt の影響を受けないよう、配線距離、パワー系との配置が重要になります。

インターフェイス回路の配線設計上の注意事項を以下に示します。

インターフェイス回路の配線設計上の注意

- a) 制御信号の1次側-2次側間(通常、フォトカプラ使用)、および、各相間(N、U、V、W)の絶縁を確保してください。配線間距離を保ち、場合によっては、基板にスリットを入れるなどして絶縁距離を確保する必要があります。
- b) 各電源間(N、UP電源、VP電源、WP電源)の絶縁が必要です。配線間距離を保ち、場合によっては、基板にスリットを入れるなどして絶縁距離を確保する必要があります。
- c) IPMの制御(入力)信号配線(フォトカプラ出力-IPM入力端子間)は、極力短く配線する必要があります。配線が長いとノイズが重畳し、IPMがON信号と認識してIGBTがオンする事があります。配線距離は2cm以下程度が理想です。
- d) 制御電源端子間、および、フォトカプラには、セラミックコンデンサなどの周波数応答の良いコンデンサを、IPM端子およびフォトカプラ直近に接続してください。
IGBTのスイッチングや、電源回路で発生するノイズを吸収させ、IPMの制御電源が変動しないようにしてください。
- e) プリント基板にシールド層を設け、 dv/dt による制御系への影響を抑えてください。特に、パワー系(主回路配線および、P側制御電源配線)と制御系配線が交差すると、基板の寄生容量により dv/dt の影響を受け、制御系が誤動作する事があります。
- f) IPMの入力端子に使用するフォトカプラは、高速タイプで、高CMRのものを選択してください。
(オープンコレクタタイプを推奨)
 t_{PLH} 、 $t_{PHL} < 0.8\mu s$
 $CMR > 10kV/s @ V_{CM} = 1500V$
通常、フォトカプラの直近に0.1 μF 程度のデカップリングコンデンサを接続します。
- g) ノイズの影響を抑えるためには、入力信号(フォトカプラ出力)のプルアップ抵抗はなるべく低く設定しインピーダンスを下げる必要があります。また、フォトカプラON時に、IPMのON状態 $V_{CIN(on)}$ を確保できる様、プルアップ抵抗とフォトカプラの入力電流 I_F を設定してください。
注)プルアップ抵抗を下げすぎるとフォトカプラの寿命に影響します。フォトカプラの寿命も考慮して設定してください。
- h) 使用しない相がある場合は、使用しない相にも制御電源15Vを供給し、Fo端子、入力端子をそれぞれの15Vにプルアップさせてください。
- i) Fo端子を使用しない場合でも、それぞれの15V電源にプルアップさせてください。
- j) IPMの各制御端子への印可電圧はサージ・リプル等を含めて最大定格電圧以下としてください。また、それぞれの制御端子に負電圧が印可されないように設計してください。誤動作や破壊を引き起こす可能性があります。

9-6. IPM の制御電源電圧

リップルを含めて電圧範囲は、規格内に入るようにしてください。

制御電圧 (V _D)	内 容
0~4.0	電源を入れない状態と同じです 外来ノイズで誤動作(オン)することがあります 電源電圧低下保護(UV)は動作せず、F _o も出力しません
4.0~12.7	制御入力信号を加えても、スイッチング動作を停止しています 電源電圧低下保護(UV)が動作し、F _o を出力します
12.7~13.5	スイッチング動作します 但し推奨範囲外ですので、IPM の仕様書で規定しているVCEsat・スイッチング時間共に規格値をはずれてコレクタ損失が増加し、接合温度が上昇します
13.5~16.5	正常動作します 推奨電圧範囲です
16.5~20	スイッチング動作します。但し推奨範囲外です。 短絡時にはその電流ピーク値が大きくなりすぎて、チップの耐量を超えて破壊することがあります
20.0~	IPM 内の制御回路及び IGBT ゲート部が破壊することがあります。

・電源のリップルノイズの規定

制御 IC の電源ラインに高周波ノイズが重畳されると、IC が誤動作して F_o を出力し、更には出力を停止(ゲート遮断)することがあります。

この誤オフを回避するために、ノイズの立ち下がり成分が±5V/usより緩やかになるよう、また、リップル電圧の振幅が2Vより小さくなるように、電源回路を設計してください。

$$\text{規定: } \frac{dv}{dt} \leq \pm 5V/us, \quad V_{\text{ripple}} \leq 2Vp-p$$

電源ラインに現れるノイズの成分が高周波(パルス幅<約 50nsec 以下、パルス高く約 5V 以下)であり、かつF_oが出ていない時は、通常そのノイズを無視できますが、制御電源はより低インピーダンスである方が望ましいので、パターンレイアウトに注意してください。

平滑コンデンサや周波数特性の良いパスコンを IPM の直近に接続することは、誤動作対策に効果的です。

・制御電源電圧の立ち上げ/立ち下げシーケンス

制御電源は、主電源(P-N 間の電源)よりも早く立ち上げてください。

制御電源の立ち下げは、主電源よりも遅く立ち下げてください。

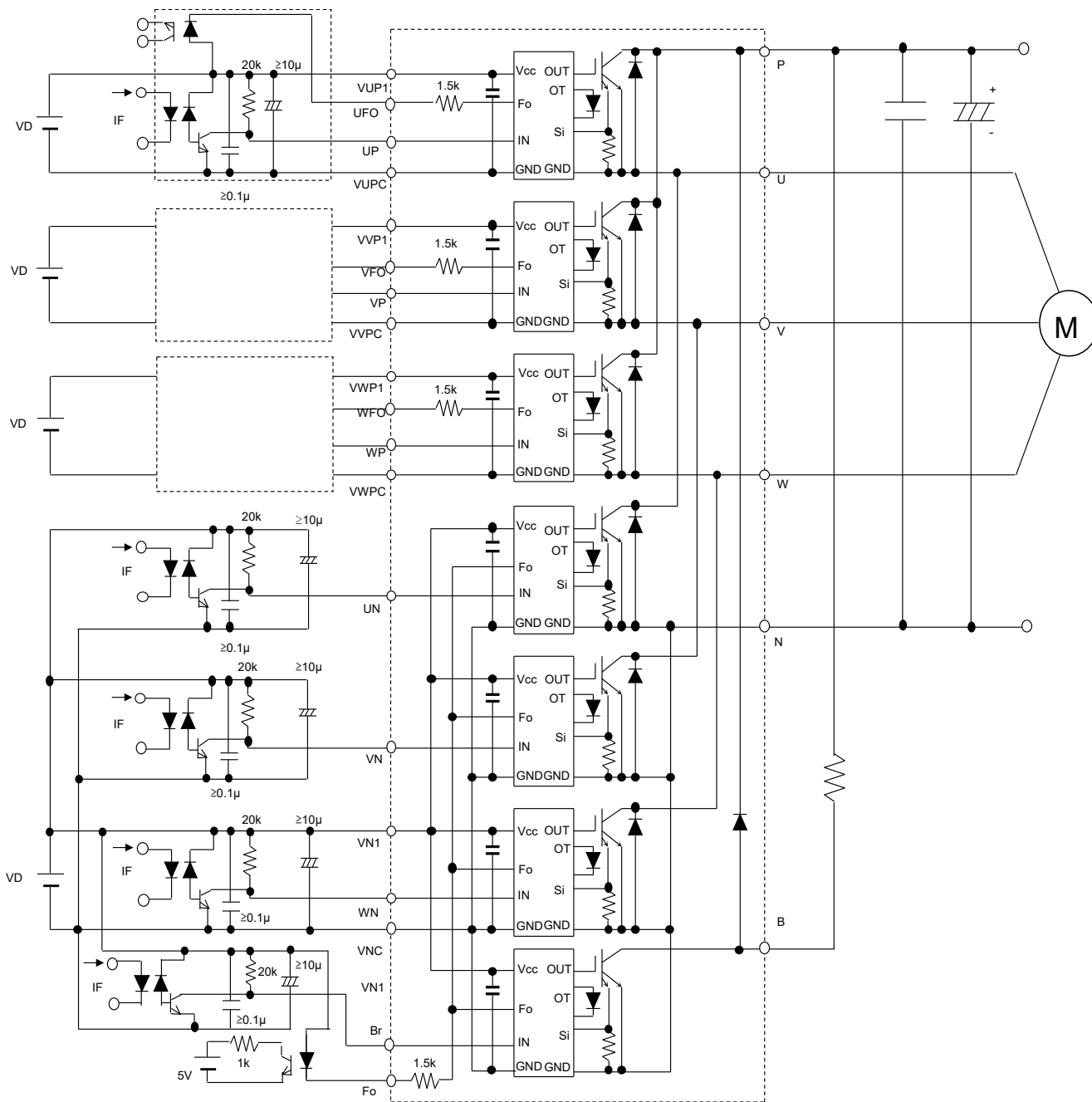
制御電源が不安定な状態で主電源が先に立ち上がっているか、または主電源が残っていると、IPM は外来ノイズで誤動作することがあります。

・制御電源の必要数

P 側(上アーム)は 3 相すべて各々絶縁された制御電源を使用してください。N 側(下アーム)は 3 相およびブレーキ部共通で 1 個の電源を使用できるので、計 4 個の絶縁された制御電源が必要です。また、複数の IPM を同一母線(PN)上で使用する場合においては、それぞれの IPM に 4 個の制御電源を使用してください。複数の IPM で N 側電源を共通にすると、誤動作や破壊を引き起こす可能性があります。

9-7. IPM G1 シリーズのモータ駆動用途への応用

例) 7in1 PM**RG1A065、PM**RG1A120



安全に、ご使用頂くための注意事項

- フォトカプラと IPM の端子間配線はできるだけ短くし、フォトカプラの 1・2 次間の浮遊容量を増加させないパターンレイアウトとしてください。
- 高速フォトカプラ: $tp_{LH}, tp_{HL} \leq 0.8\mu s$ 、高 CMR タイプをご使用ください。ブレーキ部は用途に応じて低速フォトカプラも適応可能です。この場合のプルアップ抵抗は低速フォトカプラの仕様に合わせて適切に選択する必要があります。また、IPM との配線はできるだけ短くし、浮遊容量を最小とするレイアウトでご使用ください。
- 低速フォトカプラ: $CTR > 100\%$
- 各制御電源は、瞬時変動の小さい、絶縁したものを 4 個独立して供給してください。また、各制御電源端子には高周波インピーダンスの低いコンデンサを近接して取り付けするなどして、過渡的な電圧変動をできるだけ小さくしてご使用ください。
- P-N 間の直流母線はできるだけ低インピーダンス化し、かつモジュールの P-N 端子間にスナバコンデンサを接続するなどして、サージ電圧を低減してください。

9-8. IPMの制御側インターフェイス回路

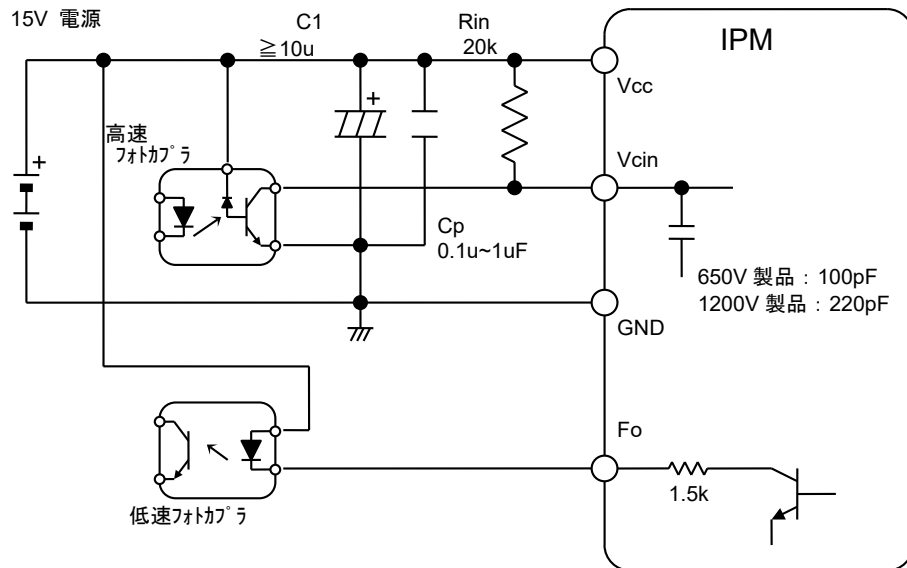
IPMには、駆動回路および保護回路が内蔵されています。使用時には、電源の他に、制御信号を絶縁するフォトカプラなどの絶縁デバイスが必要です。

(1) IPM に接続するインターフェイス(I/F)の回路と定数

IPM とシステム制御側(CPU)との接続に必要な部品は、

- ・各相の入力端子部 (1) 高速フォトカプラ、 (2)プルアップ抵抗
- (3) コンデンサ(リップル除去用セラミックタイプ & 電源安定化用電解タイプ)
- ・エラー信号(Fo)端子 (4) 低速フォトカプラ
- ・制御電源 (5) 相互に絶縁された+15V の安定化電源(4 系統)です。
(IGBT モジュールに必要な逆バイアス用のマイナス電源は不要です。)

(2) インターフェイス回路と内部構造図例

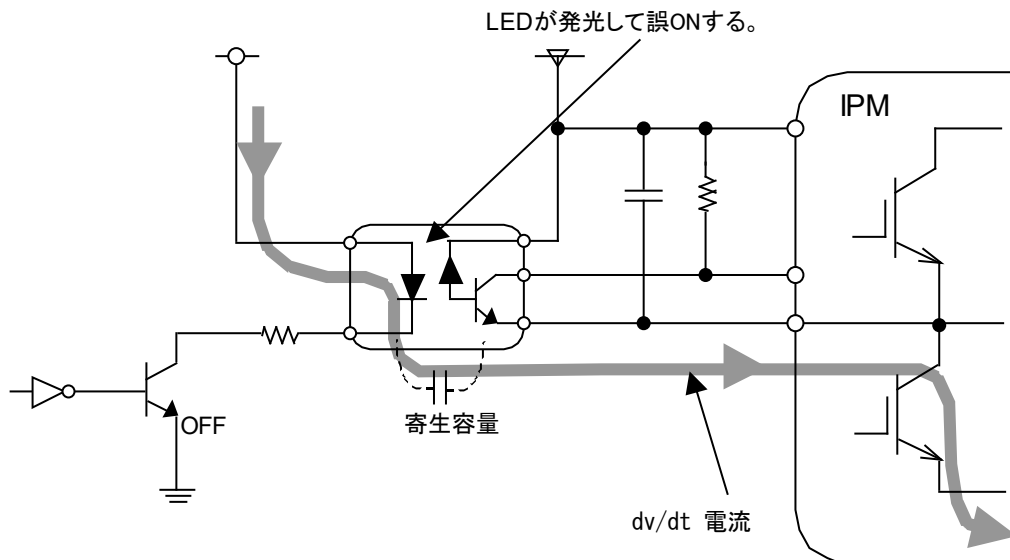


(3) IPM の制御入力端子

この制御入力端子に電圧を与えることで、内部 IGBT のオン/オフスイッチングを制御します。制御信号は IGBT チップのゲートを直接ドライブしていないので、制御入力電圧をオン(オフ)しきい電圧以下(以上)で微調整しても、またプルアップ抵抗値を変更しても、IGBT のスイッチング特性・DC 特性は変化しません。このように IPM との関係だけから捉えると、しきい電圧を満たしているならば、プルアップ抵抗値は任意に設定可能です。但しプルアップ抵抗値を小さくすると、フォトカプラの1次・2次電流は増加させなければならず、その寿命に悪影響を与えます。また伝達遅延も悪化します。そこで、フォトカプラの CTR・経時特性を考慮して、上記値を代表例としています。ノイズ誤動作対策などのためにプルアップ抵抗値を小さくすることは可能です。その場合は、寿命を含むフォトカプラ特性とその1次・2次電流(=プルアップ抵抗値)との関係を、フォトカプラメーカーにお問い合わせ・確認された後で設定してください。

(4) フォトカプラ使用上の注意

フォトカプラは 1 次-2 次間に寄生容量があり、dv/dt が与えられると、それを經由して dv/dt 電流が流れます。この dv/dt 電流が LED に流れると誤オン信号となり、IPM が誤動作する可能性があります。フォトカプラ周辺回路を設計する際は、このような誤動作を起こさないようフォトカプラ周辺のノイズ対策および適切なパターン設計が必要になります。



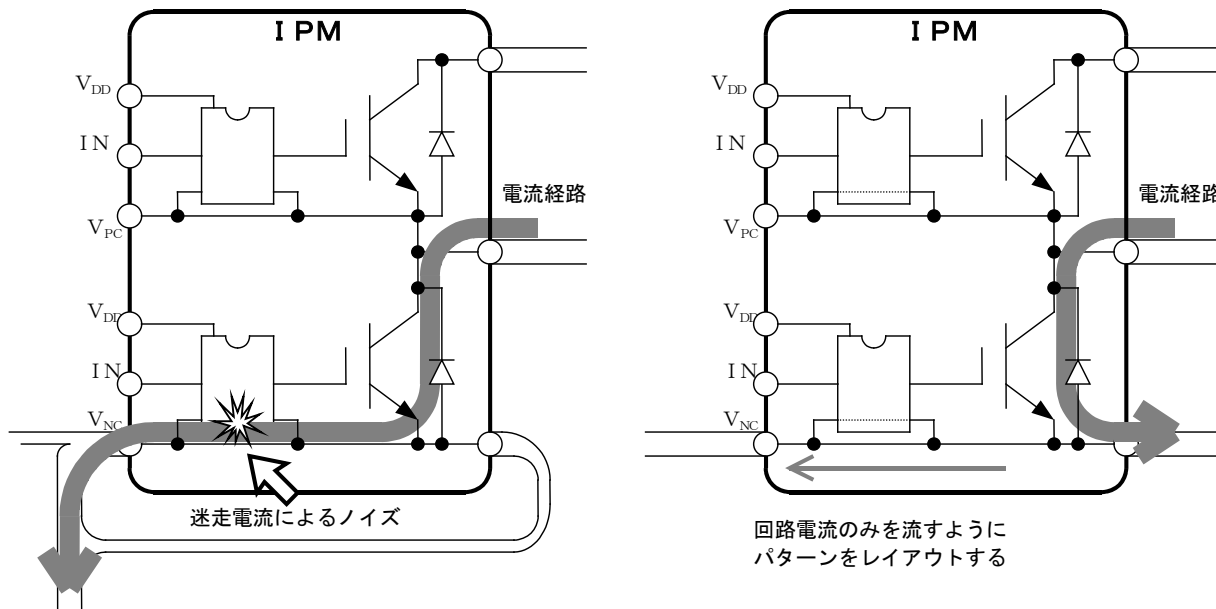
フォトカプラ誤動作の例

9-9. IPM 使用上のその他の注意事項

(1) 制御電源グランド(V_{NC}/V_{PC})と出力エミッタ(Nまたは U/V/W)との接続について

この両方の端子を IPM 外部の基板上でパターン接続しないことを推奨いたします。(ノイズの影響を受けやすいので、制御部の回路電流ループと母線電流ループは、分離して配線されることを推奨します)

例えば、V_{NC} と N の両端子は IPM 内部で接続されていますが、V_{NC} には制御部の回路電流が流れ、N には母線電流が流れるように、IPM 外部のパターンを設計してください。V_{NC} は制御 IC の電源の基準グランドですので、迷走電流(本来 N を通るべき母線電流)が流れると、内部パターンの寄生インダクタンス成分で、N-V_{NC} 間に電位差が生じて、制御 IC のグランドレベルが変動し誤動作を起す場合があります。

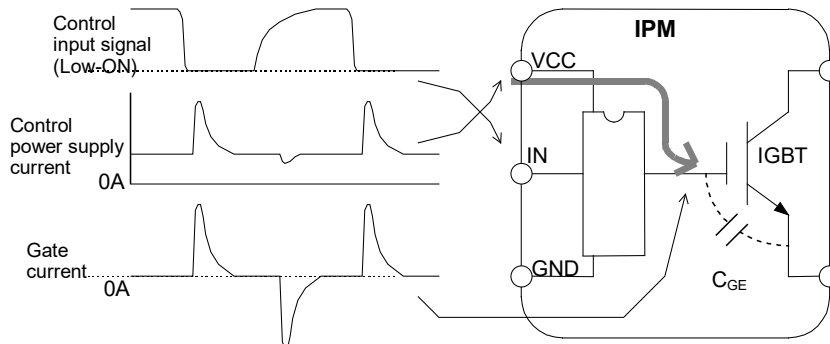


(2) IPM の並列動作

IPM は並列動作できません。IPM は駆動回路、保護回路をそれぞれの IPM に内蔵しており、並列動作させると、スイッチング時間のずれや保護のタイミングがずれることにより、特定の IPM に電流が集中し破壊する恐れがあります。

9-10. IPM の制御電源の設計

IPM に使用している IGBT ゲート部は、入力容量 ($C_{ies} = C_{GE} + C_{CG}$) を持っていますので、ON(OFF)のスイッチング毎に、ゲートを充(放)電するための電流が流れます。このピーク電流が数アンペアを超える IPM もあります。



更に、オフ時には IGBT コレクタからの dV/dt 電流が制御電源側に流れ込みます。この dV/dt 電流が制御 IC(制御入力端子、F_o 端子)をゆさぶり、誤オン信号となって、アーム短絡を起こさせることがあるため、 dV/dt 電流を吸収できるように制御電源を低インピーダンスに設計する必要があります。

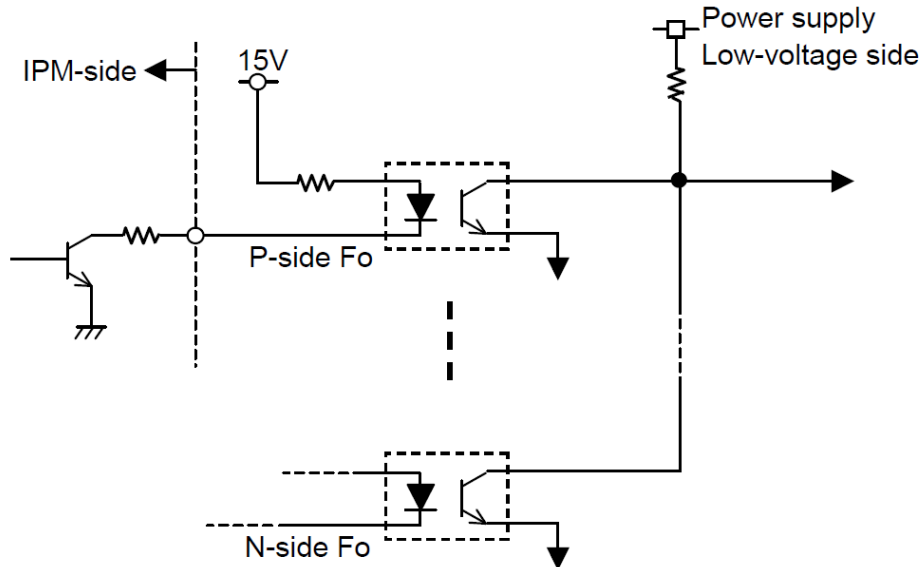
制御電源回路は、これらの電流変動を供給・吸収できるだけの容量が必要です。

通常この最大電流とインピーダンスについては、制御電源の特性ではなく、付随する平滑コンデンサおよびリプル除去コンデンサ(高周波パスコン)で対処できます。その効果はコンデンサの種類だけでなく、基板パターン・配線のインダクタンスに影響されますので、実際の基板・装置で検証した上で、コンデンサの種類・容量を選定して下さい。

制御電源の設計については、データシート記載の IPM 回路電流とキャリア周波数の関係性から、IPM を推奨電源電圧範囲で動作させるよう、安全設計いただくことを推奨しております。制御電源に十分な能力がない場合は制御電源電圧低下保護(UV)により、IPM が遮断してしまうことがあります。

9-11. Fo 回路

Fo端子は、1.5kΩの抵抗を内蔵していますので、外付けの抵抗は不要です。通常は、フォトカプラに直結して使用してください。使用しない場合は、外来ノイズによる誤動作を防止するため制御電源にプルアップしてください。エラー回路は、低速フォトカプラの2次側コレクタ共通で、一回路としてご使用されても問題ありません。ただし、複数の相で同時にエラーが発生した場合のエラー識別は出来ません。簡単なエラー回路例を以下に示します。



P側のFo端子を使用しない場合の処理

P側(上アーム)のFoを使用しない場合は、それぞれの15V電源にプルアップさせてください。Fo端子は入出力兼用端子となっており、Low信号によりIPMが停止します。

P側(上アーム)のFoを使用しない場合は、例えば、P側のみを経由する地絡などに対しては、システム側から異常を検出できませんので保護協調がとれません。

IPMの保護動作は非繰返しの異常のみを想定していますので、異常状態を繰返してIPMに印加するとIPMが破壊される可能性があります。繰返し発生する異常に対してはシステム側で保護協調する必要があります。

10. パワー損失と接合部温度

パワーモジュールを安全にご使用頂くために、ご使用になる条件での発生損失および、接合温度を把握し、絶対定格以内で使用頂く必要があります。パワーモジュール選定の際は弊社 WEB サイトよりシミュレーションソフトをダウンロードし、ご利用いただけます。

ダウンロードサイト：<http://www.mitsubishielectric.co.jp/semiconductors/simulator/index.html>

ページ内の「お客様情報ご登録へ」をクリックいただき、必要事項をご入力いただきますと、ダウンロードページが表示されます。

* : 対応 OS は、Windows®98SE 以降の Windows®のみとなります。

ソフトの使用方法につきましては、ダウンロードマニュアル

「[パワーデバイス損失シミュレータ Ver.**.** 概要と操作方法説明用資料 powersim.pdf](#)」

をご参照ください。

熱設計への応用時の注意点

- ① 損失が最悪となる動作条件を検討する必要があります。
- ② 出力電流の周期による温度変化を加味します。
- ③ 最大温度だけでなく温度変化による、パワーサイクル及びサーマルサイクルの影響も考慮する必要があります。
- ④ ケース温度 T_c については、実際のシステムの放熱状況にて実測し確認いただく必要があります。

11. 本資料ご利用に際しての留意事項

特記事項

本資料に記載されている情報は、いかなる場合でも、条件、特性及び品質を保証するものではありません。弊社半導体製品は必ず本資料に記載された最大定格の範囲内でご使用いただき、また、適用される法令による要求、規範及び基準をお客様が遵守することを前提としております。

なお、弊社の権限を有する者が署名した書面による明示の承諾がある場合を除き、人身事故を招くおそれのある用途に弊社半導体製品を使用することはできません。

パワー半導体製品は、長期の信頼性（パワーサイクルやサーマルサイクル等）について寿命を有していることや、特殊環境下（結露、高湿度、高粉塵、高塩分、高地、有機物・腐食性ガス・爆発性ガスが多い環境、端子部等への過度な応力等）での使用により、故障が発生したり、誤動作したりする場合がありますので、十分ご注意ください。また、技術的要件によっては弊社半導体製品に環境規制物質等が含まれる可能性があります。詳細確認を要する場合には、最寄りの弊社営業所、あるいは代理店までお問い合わせください。

本資料の内容・データは、専門技術・教育を受けられた技術者を対象としています。弊社半導体製品のお客様用途への適合性及び適合性に関する弊社製品データの完全性については、お客様の技術部門の責任にて評価・判断してください。なお、貴社製品への適用検討にあたって、弊社半導体製品単体で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、適用可否をご判断ください。必要に応じ、電源と半導体製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを取り付けて二次破壊を防ぐなど、安全設計に十分ご注意ください。関連するアプリケーションノート・技術資料も合わせてご参照ください。

安全設計に関するお願い

弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご留意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

- 本資料は、お客様が用途に応じた適切な三菱半導体製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について三菱電機または、第三者に帰属する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
- 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、三菱電機は責任を負いません。
- 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、三菱電機は、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。三菱半導体製品のご購入にあたりましては、事前に三菱電機または代理店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、三菱電機半導体情報ホームページ (www.MitsubishiElectric.co.jp/semiconductors/) などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
- 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したのですが万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、三菱電機はその責任を負いません。
- 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。三菱電機は、適用可否に対する責任を負いません。
- 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、三菱電機または代理店へご照会ください。
- 半導体・デバイスサイトに含まれる製品や技術をお客様が他の国へ提供する場合は、日本およびその他の国の輸出管理規制等を遵守する必要があります。また、日本、その他の仕向け地における輸出管理規則に抵触する迂回行為や再輸出は禁止します。
- 本資料の一部または全部の転載、複製については、文書による三菱電機の事前の承諾が必要です。
- 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたら三菱電機または代理店までご照会ください。

記載されている会社名及び商品名は、一般に各社の商標又は登録商標です。